

Beitrag zur Produktsicherheit bei Silomais durch optimiertes Reifemanagement

R. Amler

Contribution to product safety of silage maize by differential pre-harvest measurement

1 Einleitung

Steigende Leistungen in der Tierproduktion sind aus dem Grundfutter von höchster Qualität ökonomisch zu erzielen. Das ist ein strategisch langfristiges Ziel in der Futterwirtschaft. Diese Ziele resultieren nicht zuletzt aus der Tatsache, dass die Entwicklung der Erdbevölkerung in den nächsten 30 Jahren um 50 % ansteigen wird (SATTELMAN-

CHER et al., 1994; FLACHOWSKY, 2000). Deren Änderungen in den Essgewohnheiten hin zu Lebensmitteln tierischer Herkunft wird eine Verdopplung der Nachfrage an landwirtschaftlichen Produkten in diesem Zeitraum nach sich ziehen (MCCALLA, 1999).

Maissilage als dominierendes Grundfutter (MAIER, 1998) ist deshalb noch gezielter nach Verwendungszweck zu produzieren. Die unterschiedliche Konzentration an generati-

Summary

Maize production trials carried out in Germany from 1999–2004 were used for statistical analysis of the optimum date for silage maize ripeness.

The Silage maize Ripeness Index (the ratio of dry matter content of maize grains to dry matter content of stover) is more suitable for the determination of harvest date, yield maximum and silage maize quality as the dry matter content of the plant. The analysis is cheaper as well as not so material and time-consuming in comparison to the dry matter content of the silage maize of different hybrid maize populations and environments. Ensilage optimum and yield maximum correspond almost with the physiological ripeness of silage maize and are close to the grain dry matter content of 60–65 %, to the dry matter content of stover under 24 % and a ripeness index from 2,5 and higher.

Recently, the silage maize harvest depends on dry matter content of maize plants. This can result in grain ripening rates less than 55 % and low starch as well as energy contents.

The dry matter content of the silage maize is at a certain ripeness of grain and/or of starch only expression of aging of the stover.

The stover has, together with the grain, a strong influence on the dry matter content of the whole plant maize. On these locations the crop should be harvested before reaching the optimum of ripeness and yield maximum. Therefore only hybrids with a long harvesting time, high starch storage and displaying a high digestibility of plant cell wall with slow drying of the stover, should be grown in the future.

The Silage maize Ripeness Index (SRI) is, for whole plant maize, better than the Whole Plant Maize Ripeness Index (SRZ) for the choice of a hybrid in Germany. The dry matter content of grain in interaction with the dry matter of stover are better than dry matter content of the whole plant maize as ripeness indicator in the production of maize. SRI is also suitable for use in scientific trials as a standard for the harvesting time and for better “stay green” characteristic. It is a strong correlation between the Silage maize Ripeness Index (SRI) and Silage maize Nutrient Index (SNI) or Silage maize Quality Index (SQI) respectively as indicator for the physiological reaction of starch and metabolizable energy in the rumen as well as for the choice of a hybrid.

Key words: Forage maize, Silage maize Ripeness Index, product safety, Silage maize Quality Index, Grain/Stover-Ripeness Method.

Zusammenfassung

Durch mathematisch-statistische Verrechnung des Datenmaterials aus bundesweiten Versuchen von 1999–2004 wurden folgende Ergebnisse zur optimalen Silomaisreife ermittelt:

Mit dem Silomais-Reifeindex (TM-Gehalt im Maiskorn/TM-Gehalt der Restpflanze) kann der Erntezeitpunkt, das Ertragsmaximum und die Qualität von Silomais exakter und dabei mit geringstem materiellen und zeitlichen Aufwand im Vergleich zum TM-Gehalt der Gesamtpflanze unterschiedlicher Genotypen und Umwelten bestimmt werden. Das Silieroptimum und das Ertragsmaximum sind mit der physiologischen Reife bei Silomais nahezu identisch und liegen bei einer Korn-TM von 60 bis 65 % und minimaler Restpflanzenabreife unter 24 % bei einem Reifeindex von 2,5 und höher.

Die derzeitige Silomaisernte nach dem TM-Gehalt der Gesamtpflanze (28–33 %) kann zu Reifegraden im Korn von unter 55 % bzw. zu unzureichenden Stärke- und Energiegehalten im Siliergut führen. Der TM-Gehalt der Gesamtpflanze ist bei einem bestimmten Kornreifegrad bzw. Stärkegehalt nur Ausdruck der Alterung der Restpflanze.

Die Restpflanze nimmt neben dem Korn einen starken Einfluss auf den TM-Gehalt der Gesamtpflanze. Auf diesen Standorten ist die Ernte bereits vor Erreichen des Silieroptimums und Ertragsmaximums durchzuführen. Deshalb sind in der Zukunft nur reifedifferente Sorten anzubauen, die intensiv Stärke einlagern und eine hohe Zellwandverdaulichkeit bei langsam abreifender Restpflanze aufweisen.

Der Silomais-Reifeindex (TM-Gehalt im Maiskorn in Relation zur Restpflanzenabreife) ist für die Wahl der Silomaisorten besser als die Siloreifezahl und als Reifemaßstab im Silomaisanbau sowie in wissenschaftlichen Versuchen als Standard für den Erntezeitpunkt und zur „stay green“-Charakteristik geeignet. Es besteht eine enge Korrelation zwischen dem Silomais-Reifeindex (SRI) und dem Silomais-Nährstoffindex (SNI) bzw. Silomais-Qualitätsindex (SQI) als Ausdruck der pansenphysiologischen Wirkung von Stärke und metabolisierbarer Energie sowie Kriterien der Sortenwahl.

Schlagnworte: Silomais, Silomais-Reifeindex., Produktsicherheit, Silomais-Qualitätsindex, Korn/Restpflanzen-Reifemethode.

ven und vegetativen Anteilen und deren differenzierter Reifestatus in der Maispflanze sollten den Besonderheiten einer effektiven Wiederkäuerfütterung gerecht werden.

Die gleichmäßig hohen Anforderungen der Tierproduktion über das gesamte Jahr hinweg, bereiten demgegenüber im praktischen Silomaisanbau unter Umständen große Probleme. Das Erreichen der **optimalen Silomaisreife** und die Beherrschung der Produktion von Qualitätssilagen sind deshalb Kardinalfragen in der Futterwirtschaft (HUNTER, 1979; WATZKE, 1984; WEISSBACH und AUERBACH, 1999). Mit dem Erreichen der optimalen Silomaisreife können alle bisher im Silomaisanbau durchgeführten Maßnahmen erfolgreich abgeschlossen werden. Gleichzeitig sind wesentliche Voraussetzungen für eine verlustarme Silierung und erfolgreiche Fütterung geschaffen worden. Es ergibt sich die **Kardinalfrage**, mit welchen Reifeparametern u. a. der Erntetermin von Silomais mit einfachen Mitteln schnell und exakter als derzeit festgestellt werden kann?

2 Material und Methoden

2.1 Material

Das Datenmaterial wurde aus bundesweit angelegten Silomaisversuchen (vorwiegend einfaktorielle Blockanlagen mit 3–4 Wiederholungen) in den Jahren 1999 bis 2004 aufbereitet und mit biometrischen Methoden (Statistica 7.1) ausgewertet.

Die ausgewiesenen Proben von Korn und Restpflanze wurden zuvor aus mindestens fünf bestandestypischen Maispflanzen im Vergleich zur Bestimmung des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze (ANONYM, 1988) gewonnen und nach den geltenden Vorschriften aufbereitet.

Zur anschließenden Feststellung der TM-Gehalte im Korn, in der Rest- und Gesamtpflanze wurden ausschließlich Trockenschränke verwendet. Die ausgewiesenen Inhaltsstoffe wurden in den jeweiligen Untersuchungsstellen der Bundesländer ermittelt. Je nach Fragestellung der ausgewerteten Versuche stand für die vorliegende Arbeit ein unterschiedlicher Probenumfang zur Verrechnung bereit.

2.2 Methoden

Folgende statistische Auswertungen wurden zur Bearbeitung des Themas durchgeführt:

1. Deskriptive Statistik der Versuchsdaten zur Ermittlung der statistischen Maßzahlen für jede Variable, um Hinweise auf allgemeingültige Sachverhalte und Grenzbereiche herausarbeiten zu können (Tabelle 1).
2. Auswahl und Schätzung folgender Vorhersagevariable anhand der Kriteriumsvariablen (TM-Gehalt im Korn), ihrer Transformation und anschließender Regressionsanalyse zur Ermittlung des Silieroptimums bzw. Ertragsmaximums:
 - 2.1 Darstellung von Qualität und Ertrag in Beziehung zur Kornreife (Abbildung 1).
 - 2.2 Abreifeverhalten von Silomais (TM-Gehalt der Gesamtpflanze) und Ableitung der standörtlichen, nutzungsspezifischen Erntestrategie unter Beachtung des Silieroptimums sowie Formulierung der Reifedifferenz als entscheidendes Zuchtziel und Eigenschaft für einen neuen Sortentyp im Silomaisanbau auf Hohertrags- und Qualitätsniveau (Abbildung 2).
3. Schätzung des Reifegrades der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von der Kornreife und Restpflanzenabreife bei differenzierten Produktionsbedingungen (Tabelle 2) und die Auswirkungen auf relevante Futterwertparameter bei gleichem TM-Gehalt der Gesamtpflanze (Tabelle 3).
4. Darstellung von Qualität und Ertrag in Beziehung zum Silomais-Reifeindex, um dessen Eignung als Reifemaßstab und Standard für Versuche mit unterschiedlichen Fragestellungen nachzuweisen (Abbildung 3, Tabelle 4).
5. Bivariate Scatterplots von TM-Gehalt im Korn, in der Rest- sowie Gesamtpflanze in Beziehung zum Reifeindex, um vor allem die Streuungen der ausgewiesenen Reifeparameter und den Grad der Beziehung zum Silomais-Reifeindex zu dokumentieren (Abbildung 4).
6. Prüfung von drei Schätzmethoden auf Varianzhomogenität, um Rückschlüsse auf Qualität, Ertrag von Silomais auf der Basis der TM-Gehalte von Korn in Verbindung mit der Reifezahldifferenz der Sorten bzw. mit der Restpflanze oder umgekehrt zeitsparend dem Anwender zur Verfügung zu stellen (Tabelle 5, 6 und 7).
7. Darstellung der Reife-, Nährstoff- und Qualitätsindizes als Kriterien der Sortenwahl bei Silomais (Tabelle 8).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Bestimmung der Silomaisreife

Vom Jahr 1987 an wurde auf den TM-Gehalt des Korns aus der Körnermaisprüfung verzichtet und der Kolben-TM-Gehalt aus den Silomaiswertprüfungen als alleiniges Einstufungskriterium verwendet. Unterschiedliche Abreifegrade der Restpflanzen bzw. die über verschiedene Kolbenan-

Tabelle 1: Deskriptive Statistik des Datenmaterials von 1999–2004

Table 1: Statistics of date materials from the years 1999–2004

Variable	Maßeinheit	Probenzahl n	Mittelwert	Minimum min.	Maximum max.	Standard- abweichung s
Körnerreifezahl		818	233	180	340	20
Siloreifezahl		1086	231	170	340	20
Reifezahldifferenz		911	0	-30	30	12
TM-Gehalt im Korn	%	830	60,1	25,0	80,1	7,4
TM-Gehalt der Restpflanze	%	549	28,7	16,2	59,9	7,3
Silomais-Reifeindex (SRI)		461	2,1	1,1	3,2	0,4
TM-Gehalt der Gesamtpflanze	%	1149	36,4	17,8	68,6	7,3
TM-Ertrag	dt ha ⁻¹	954	171,5	38,5	315,0	43,4
Rohfasergehalt	%	634	20,0	11,5	31,4	2,8
Rohproteingehalt	%	634	7,4	4,2	12,1	0,9
Enzymlösliche organische Substanz	%	634	67,0	47,4	78,9	4,4
Silomais-Nährstoffindex (SNI)		634	1,5	0,3	3,8	0,5
Stärkegehalt	%	784	28,8	11,2	46,6	6,7
umsetzbare Energie	MJ kg ⁻¹	651	10,5	7,9	12,5	0,6
Nettoenergie Laktation	MJ kg ⁻¹	784	6,3	4,5	7,5	0,4
Silomais-Qualitätsindex (SQI)		645	2,7	1,2	4,0	0,5

teile verursachten Unterschiede in der TM der Gesamtpflanze blieben unberücksichtigt (HAARHOFF, 1990). Nach selbigem Autor ist der TM-Gehalt der Gesamtpflanze wegen seiner engen Beziehung zum Energiegehalt der Gesamtfrischmasse das beste indirekte Qualitätsmerkmal. Die damals als offizielles Reifemaß für Silomais in der Bundesrepublik Deutschland verwendete FAO-Zahl beschrieb die Silomaisreife nur unzureichend. Kolbenbetonte Hybriden sind für Silomais besser als restpflanzbetonte geeignet und fanden bei der Sortenbewertung zu wenig Berücksichtigung.

Die derzeitige **Ausgangssituation** der Bestimmung des optimalen Erntetermines bei Silomais anhand des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze (MILTNER und RATH, 1998; EDER, 1999; BAI et al., 2004) ist in der Praxis weder leicht, noch den spezifischen Anforderungen der Tierproduktion angemessen. Die Trockenmasse der Gesamtpflanze ist ein Mischprodukt aus generativen und vegetativen Bestandteilen, das bei extremen Umwelten sehr different abreifen kann (WEISSBACH und AUERBACH, 1999; HARTMANN und GEIGER, 2001). Dessen Beprobung und Aussagekraft als Reifemaßstab für Silomais sind somit sehr unsicher (AMLER, 2002, 2003, 2004, 2005). Dies gilt auch für den weiten, optimalen Reifebereich von 30–50 % für Gebiete mit kürzerer Vegetationsperiode (HUNTER, 1979), 45 % (DAYNARD und HUNTER, 1979), 55 % TM-Gehalt unter Beachtung der Ausscheidung unverdauter Stärke durch Rinder (WEISSBACH, 1993) bzw. 45 bis 60 % als Stadium der Teigreife (JOCHMANN, 1999) sowie 60 bis 64 % im Korn (WILHELM und WURM, 1999). Demgegenüber liegt die Mehrzahl der Praxisproben im erhöhten TM-Bereich von 40 % in der Gesamtpflanze. Die Ursachen sind oft einerseits im enormen Einfluss der Umwelten (Jahreswitterung, Standort) und andererseits des Genotypes (Sorten mit unterschiedlicher Abreifedynamik) zu finden. In der Praxis kann oft nicht angemessen auf diese Faktoren reagiert werden. Die TM-Gehalte der Restpflanzen sind in der Regel zu hoch. Nur wenige Proben weisen Gehaltswerte unter 24 % aus.

Bei einem **Methodenvergleich** zur Bestimmung der Silomaisreife wurden je 10 Proben an Gesamt-, Restpflanze und Korn gezogen und deren TM-Gehalt ermittelt. Die TM-Gehalte der Gesamtpflanze streuten bei einem Variationskoeffizienten ($s\%$) von 5,9 am stärksten. Die Fehler bei der Probenahme von Silomais (STIEGER, 1981) wirken sich dabei noch stärker auf die Nährstoffe als auf den TM-Gehalt der Charge aus (DEGENHARDT, 1996). Die Probenrepräsentanz war beim Korn ($s\% = 2,7$) am besten, gefolgt

von der Restpflanze ($s\% = 4,9$). Die Beprobung des Maiskornes ist somit am exaktesten und zudem am einfachsten. Im Folgenden wurden Wege gesucht, um die derzeitige Methode zur Bestimmung der Silomaisreife zu verbessern bzw. zu ersetzen. Dazu war es zunächst notwendig, die Maxima verschiedener Futterwertparameter anhand der **Kornreife-Methode** (TM im Korn) zu ermitteln. Auf Grund der extremen Einflüsse der Umwelten auf die Genotypen wurde im Verlaufe dieser Analyse die Einbeziehung der Bestimmung des TM-Gehaltes der Restpflanze zusätzlich zur Beprobung der Korn-TM erforderlich. Mit dieser **Korn/Restpflanzen-Reifemethode (K/R-Methode)** kann unter Praxisbedingungen der Silomaisbestand sicher bis zum jahresspezifisch bestmöglichen und phänologisch richtigen Erntezeitpunkt geführt werden.

3.2 Optimale Kornreife

Ausgewählte Futterwertkennziffern und der TM-Ertrag wurden hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Kornreife untersucht, um diesbezüglich ein **Sileroptimum** ermitteln zu können.

Die Auswertung der Daten (Abb. 1) ergab, dass das Maximum in der Stärkeeinlagerung bei 70,4 % TM im Korn bei Silomais erreicht wird. Ein Reifebereich der für Silomais nur noch unter streng definierten Bedingungen (70 % TM im Korn bei 20 % TM in der Restpflanze) relevant sein könnte. Er kann unter Beachtung des enormen Anstieges an unverdauten Körnern im Kot der Rinder bei Kornreifegrade über 55 % (WEISSBACH, 1993) kaum für die Fixierung der optimalen Silomaisreife herangezogen werden. Der Aspekt der höheren Kornverluste über den Kot relativiert sich in jenen Betrieben, die die Gülle über Biogas verwerten. Für die Herstellung von Biogas ist bedeutsam, dass eine enge Beziehung zwischen mikrobiellem Stärkeabbau und der Gasproduktion besteht (CHAI et al., 2004).

Nach der gängigen Lehrmeinung (GEISLER, 1983; SZENDEL, 1986; SCHUPPENIES und HERTWIG, 1999; WEISSBACH und AUERBACH, 1999; HERTWIG et al., 2001; BELEZE et al., 2003; WESTGATE et al., 2004) wird die physiologische Kornreife (maximale Stoffeinlagerung) zwischen 60 und 70 % TM im Korn mit geringen Abweichungen unter den Bedingungen des gemäßigten Klimas erreicht (HAARHOFF, 1990). Die Assimilataufnahme im Korn und in der Maispflanze ist dann weitestgehend beendet. Möglicherweise ist bei diesem Reifegrad der Verschluss durch den Nabelfleck als plazentale Zellschicht (black layer) am Kornnabel nicht

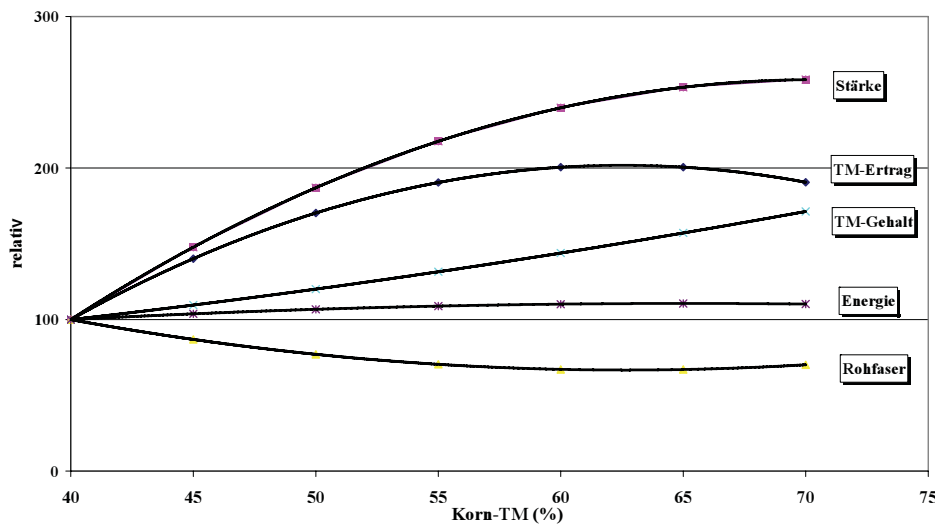


Abbildung 1: Qualität und Ertrag bei Silomais in Beziehung zur Kornreife

Figure 1: Quality and yield of whole maize plant in dependence on grain ripening

vollkommen oder/und die noch in der Restpflanze befindliche Stärke kann durch das Abschlussgewebe nicht mehr aus der Restpflanze in das Korn verlagert werden (HUNT et al., 1989). Rate und Dauer der Kornfüllung können sowohl durch die Fähigkeit des Maiskorns Kohlenhydrate zu nutzen (Sink-Limitierungen) als auch durch deren Bereitstellung (Source-Limitierungen) eingeschränkt werden (WIESLER, 1998). Der „stay green“-Effekt übt nachweislich einen Einfluss auf den Kohlenhydratgehalt im Stängel aus (ARGILLIER et al., 1995). Eine wesentliche Funktion des Stängels besteht im Zwischenspeicher für Assimilate, solange der Kolben als primäres Depot nicht in der Lage ist, diese voll aufzunehmen (RÖTTGERMANN, 1997). Auch die Assimilatbereitstellung der Blätter in Verbindung mit der Umwelt spielt eine große Rolle (DWYER et al., 1995). Der in der Restpflanze befindliche **Stärkegehalt** wird jedoch bei der Stärkebestimmung der Gesamtpflanze nebst dem des Kornes erfasst. Ein durchaus positiver Umstand, der die Reifedifferenz, Vitalität, Verdaulichkeit und den Futterwert der Restpflanze mit photosynthetisch aktiven Blättern erhöht. Darüber hinaus sind die Stoff- und Stärkeeinlagerung nicht identisch (FREELING und WALBOT, 1994). Das Maiskorn besteht zu 70–75 % aus Kohlenhydraten, 9–11 % aus Protein und etwa 3,5 % aus Lipiden (BAJAJ, 1994).

Der Stärke als hochmolekulares Polysaccharid, die wiederum aus zwei verschiedenen Makromolekülen (Amylose und Amylopektin) mit wechselnden Anteilen zusammengesetzt ist, kommt als Reservekohlenhydrat eine besondere Bedeutung zu (SCHULDT, 1999). Ein höherer Anteil von Amylose von über 30 % zu Ungunsten des Amylopektins senkt die Verdaulichkeit und den Futterwert der Stärke (SVIHUS et al., 2005).

Die Zellwandbestandteile nehmen mit dem Alter in der Pflanze zu, wodurch deren Futterwert sinken kann (IRLBECK et al., 1993).

Der Verlauf des **Energiegehaltes** (NEL) in Abhängigkeit von der Kornreife ist in diesem Zusammenhang interessant (OWEN, 1967; DAYNARD und HUNTER, 1975; WATZKE, 1984; MOLNAR und GYORI, 1996; HARTMANN et al., 2000; ZEOULA et al., 2003). Er erreicht spätestens bei 65 % TM im Korn sein Maximum. Mit fortschreitender Maisreife nimmt die ruminale Abbaubarkeit bzw. scheinbare Verdaulichkeit sowohl im Stängel als auch in der Gesamtpflanze ab (HUNT et al., 1989; SCHWARZ et al., 1997; BAL et al., 2000). Eine Abnahme der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der der Zellwände (pflanzliche Gerüstsubstanzen) bei fortschreitender Maisreife stellten (WILKINSON et al., 1978; HAARHOFF, 1990) fest. Dies kann auch der Grund sein, dass Maissilage mit höherem TM-Gehalt gegenüber früher geerntetem Silomais geringere Gehalte an umsetzbarer Energie in der Respirationskammer bei Milchkühen erbracht hat (BEEVER und MOULD, 2000).

Dann wird gegenüber dem Einfluss des Stärkegehaltes der des **Rohfasergehaltes** (MOLNAR und GYORI, 1996) sehr deutlich und eng korrelierend wirksam (RÖTTGERMANN, 1997), der bei 63 % TM im Korn sein Minimum aufweist. Von diesem Reifegrad an, steigt der Rohfasergehalt wieder und beeinflusst den Energiegehalt im Silomais negativ (HUNT, 1989; ROTH und UNDERSANDER, 1995). Ab diesem Reifegrad dürfte der Hochschnitt unter gewissen Bedingungen an Bedeutung gewinnen. Die verminderte Futterqualität der Restpflanze, insbesondere des Stängels, beruht auf der Abnahme der Zellinhaltsstoffe zugunsten von Zellwandbestandteilen und der Einlagerung von schwer

verdaulichem Lignin in die Zellwand (GROSS, 1982; HUNT et al., 1989). Nach ROTH et al. (1970) besteht eine statistisch gesicherte genetische Variabilität in der Restpflanze für den Futterwert. Die ausreichende genetische Varianz dieses Selektionskriteriums im Vergleich zur phänotypischen Varianz ist notwendig, um die Restpflanze züchterisch zu verbessern.

Letztlich erreicht der **TM-Ertrag** bei Silomais (SCHLUMBOHM, 1975; WATZKE, 1984; HUNT et al., 1989; HARTMANN et al., 2000; HERTWIG et al., 2001; FILYA, 2004) bei 63 % TM im Korn sein Maximum. In diesem Bereich der physiologischen Reife werden damit sowohl die maximale Kornertragsausbildung (SZENGEL, 1986; DUVICK, 2005) als auch das Silomaispotenzial qualitativ und quantitativ (COORS und LAUER, 2001; AMLER, 2002) erreicht und ausgeschöpft. Das Ertragsmaximum von Silomais wird nach mehreren Autoren (CROOKSTONE und KURLE, 1988; HUNT et al., 1989; HUNTER et al., 1991; GANOE und ROTH, 1992; WIERSMA et al., 1993) im Stadium (3/4 milchline bzw. ca. 35 % TM in der Gesamtpflanze) erreicht. Generell erreichen spätreife gegenüber frühreifen Hybriden höhere TM-Erträge bei niedrigeren Energiegehalten zum Zeitpunkt der Silomaisreife (SCHMIDT, 1986; HAARHOFF, 1990).

Der **TM-Gehalt in der Gesamtpflanze** hat hingegen zum Zeitpunkt der weiblichen Blüte sein Minimum. Dann steigt er mit zunehmender Kornreife stark an (HUNTER, 1979; MOLNAR und GYORI, 1996; BELEZE et al., 2003; FILYA, 2004). Auf Grund der engen Korrelation zwischen dem TM-Gehalt im Korn und dem der Gesamtpflanze und wegen der einfacheren Bestimmung gaben DAYNARD und HUNTER (1975) dem TM-Gehalt im Korn den Vorzug als Reifemaß für Silomais. Dieser Zusammenhang wird durch den Sortentyp (korn- bzw. restpflanzenbetont) abgeschwächt (HEPTING, 1982).

Zusammenfassend ist anhand dieser Analyse agronomischer Parameter festzustellen, dass die optimale Silomaisreife im Bereich von 60 bis 65 % TM im Korn – zunächst unabhängig von der Restpflanzenabreife – fixiert werden kann.

3.3 Abreife, Erntestrategie und Züchtungsziel

Anhand des **Abreifeverhaltens** der Gesamtpflanze der aktuellen Maisgenetik kann festgestellt werden, dass bei hoher Kornreife der TM-Gehalt der Gesamtpflanze (BELEZE et al., 2003) unerwünscht weit ist (Abb. 2). Bei strikter Einhaltung der Empfehlung, gemessen am Nährstoffgehalt der Gesamtpflanze (GRUBER et al., 1983), an der Futteraufnah-

me (BÖHM et al., 1983), Siliertechnik und Futtermittelverwertung (ZIMMER, 1983), den Silomais bei 28–33 % zu ernten, wird nur eine unzureichende Kornreife bzw. Silomaisreife (HAARHOFF, 1990) erreicht. Daraus ergibt sich die generelle Forderung, Sorten anzubauen, die einen höheren Anstieg in der Korn-TM bei gleichzeitig verzögerter Restpflanzenabreife ermöglichen (HUNTER, 1979). Entsprechend den Bedingungen auf den unterschiedlichen Produktionsstandorten sind die **Erntestrategien** jedoch zu differenzieren:

- Der optimale Reifebereich von 60 bis 65 % TM im Korn ist auf Grenz- und Trockenstandorten des Silomaisanbaues bzw. bei kranken Silomaisbeständen zur Ernte nicht zu erreichen. Hier ist vorzeitig und schwerpunktmäßig die Ernte von frühen Sorten durchzuführen. Das Qualitäts- und Ertragspotenzial der Maissorten (WATZKE, 1984; HUNT et al., 1989) kann unter diesen Umständen nicht voll ausgeschöpft werden.
- Im Anfangsbereich der optimalen Silomaisreife – unter gleichzeitigem Verzicht eines maximal hohen Stärkegehaltes – ist Silomais zu ernten, wenn ein bislang normal entwickelter Bestand infolge akuter Trockenheit in der Restpflanze stark abtrocknet. Hier ist sofort zu handeln. Qualität und Ertrag sind dann hohen Verlusten ausgesetzt.

Des Weiteren wird normal entwickelter Silomais in diesem Stadium geerntet, wenn eine hohe Zellwandverdaulichkeit (ORTH und KAUFMANN, 1961; GIESECKE und TIEWS, 1966; HUNTER, 1979; VERASILB, 1986; HUNT et al., 1989; SÜDEKUM, 1989; ARGILLIER et al., 1998; BARRIERE et al., 1998; CASPER et al., 1999; BAL et al., 2000; TOLERA und SUNDSTØL, 2000; KRÜTZFELDT, 2004) gefragt ist. Die damit verbundene Verbesserung der NDF-Verdaulichkeit beeinflusst die Futteraufnahme und Milchleistung positiv (BARRIERE et al., 2004; BECKMANN und WEISS, 2005; IVAN et al., 2005). Mit zunehmendem Reifegrad nimmt der Stärkegehalt im Silomais zu et al., 2004; CAMMEL et al., 2005; TAYLOR und ALLEN, 2005). Der pH-Wert im Pansen fällt nicht so stark und das Acidoserisiko, einschließlich der Gefahr des Auftretens von Parakeratose der Pansenschleimhaut, wird gesenkt. Die fehlende Stärke in Menge und Qualität kann im Bedarfsfall durch Körnermais (KURTZ et al., 2003) ersetzt werden. Diese Strategie setzt sich in Betrieben mit sehr hohen Milchleistungen aus der Sicht einer optimalen Pansenverdauung (KNOWLTON et al., 1998; AKBAR et al., 2002; WEISS und WYATT, 2002; JENSEN et al., 2005; BECKMANN und WEISS, 2005; LOSAND, 2005; IVAN et al., 2005; YANG und BEAUCHEMIN, 2005) und geringeren Stoffwechselbelastung der Kühe zunehmend durch. Bei

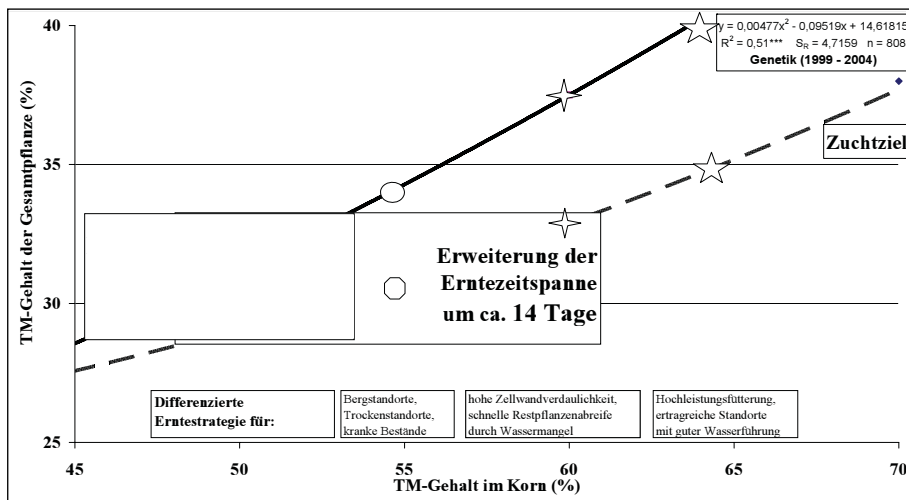


Abbildung 2: Abreifeverhalten, Erntestrategie und Zuchtziel bei Silomais
 Ripeness, strategy and breeding aim of whole plant maize

einem Stärkeanteil an der Trockenmasse der Ration von bis zu 32 % hat die Höhe des Fütterungsniveaus einen größeren Einfluss auf die Fermentationsvorgänge im Pansen als steigende Mengen an Stärke in der Ration (ROBINSON et al., 1986).

- Der Endbereich der optimalen Silomaisreife von 65 % TM im Korn kann in der Hochleistungsfütterung (KIRCHGESSNER und SCHWARZ, 1984; FLACHOWSKY et al., 1985; KURTZ et al., 2003; SEYMOUR et al., 2005), besonders für Masttiere (AMLER et al., 1989; BROWNE et al., 2004), auf ertragreichen Standorten mit guter Wasserführung in Verbindung mit dem Hochschnitt angestrebt werden. Hier geht es um ein Maximum an verwertbarer Dünndarmstärke zur Glukosebereitstellung. Die gemessene duodenale Stärkeanflutung bei Milchkühen betrug bei Maissilage 700 g und beim Einsatz von Maisschrot 2,1 bis 2,9 kg (LOOSE, 1999), wobei 1,5 bis maximal 2 kg als noch effizient verwertbare Bypass-Stärke pro Tier und Tag angesehen werden können (MATTHE', 2001). Glukose ist bezüglich der Nährstoffbereitstellung erstlimitierender Nährstoff bei der Hochleistungskuh (FLACHOWSKY, 1999). Es werden ca. 30 % der benötigten Glukose über den Dünndarm absorbiert, während 50 % über die Glukoneogenese dem Zellstoffwechsel zur Verfügung gestellt werden. Die restlichen 20 % Glukose kommen aus anderen Quellen (HUNTINGTON, 1997). Die postruminale Stärke ist für die Milchsynthese effizienter als Stärke, die im Pansen verdaut wird (NOCEK und TAMMINGA, 1991), da der Energieverlust über die Bildung von Methan und Fermentationswärme um ca. 20 % höher liegt. Die angeflutete Stärke im Dickdarm unterliegt wiederum der mikrobiellen Fermentation, wobei die energetische Verwertung

gegenüber der Pansenverdauung aufgrund der Verluste an Mikrobenmasse über den Kot um ca. 10 % geringer ist. Von der aufgenommenen Stärke werden zwischen 5 und 20 % postruminal und im gesamten Verdauungstrakt der Wiederkäuer 87 bis 99 % verdaut (WALDO, 1973; SUTTON, 1985; ØRSKOV, 1986; CRONJE, 2000; HINDLE et al., 2005). Der Nutzung der Bypass-Stärke sind dabei Grenzen gesetzt, die durch eine unzureichende Stärkeverdauung, begrenzte Glukoseabsorption, mikrobielle Fermentation der Glukose im Dünndarm, weitgehende Verstoffwechslung absorbiertes Glukose im Darmepithel und einen begrenzten Glukosetransport zu den Zielorganen begründet werden (MATTHE', 2001).

Trotz des häufigeren Auftretens von Stärkeverlusten über die im Kot befindlichen Körner (FLACHOWSKY et al., 1985; WEISSBACH, 1999), ist die Nettobilanz der Stärke bei höherem Reifegrad der Körner (Zuwachs an Stärke je Hektar abzüglich Kotverluste) dennoch insgesamt positiv, vor allem dann, wenn diese Gülle zur Biogasgewinnung genutzt wird.

Die aufgezeigten Erntestrategien sind auch zur Erzeugung von **Biogas** nutzbar (FRANCE et al., 1993; VAN SOEST, 1994; HANEGRAAF et al., 1998; NAGADI et al., 2000; FILYA, 2004), wobei mittlere Reifegrade für die Gasproduktion optimal sind (THOMSON, 1968). Für spätreife Hybride reicht die Vegetationsperiode (HUNTER, 1979), insbesondere die erforderliche Niederschlagsmenge in Verbindung mit dem Nährstoffbedarf, für die zu erzielende Biomasse nicht aus (ZSCHEISCHLER et al., 1984). Der Nutzen von spätreifenden Hybriden ist infolge fehlender Ausreife und Qualität, tendenziell höhere Rohfasergehalte (BERGNER und HOFFMANN, 1996; COORS und LAUER, 2001), bei gleichzeitig unbeständigem Ertrag minimal (HUNTER,

1979). Eine weitere Ursache für die Limitierung des Reifegruppenspektrums dürfte die begrenzte Photosyntheseleistung unter Berücksichtigung der Bestandesdichte im hiesigen Silomaisanbau sein (BUNTING, 1975). Dennoch gehen die Bemühungen der Maiszüchtung auf die Erzeugung von Energiemais ständig weiter. Der Erfolg ist bei den derzeitigen Züchtungsanstrengungen abzuwarten.

Der Vorteil der gleichzeitigen Entnahme der Maissilage aus einem Silo für Tier und Biogas liegt in der Reduzierung von Silierverlusten und der Verbesserung der Arbeitswirtschaft. Bei der Produktion von Biogas geht es letztlich auch um die gleichmäßige Fermentation von leichtlöslichen Zuckern, die beim bakteriellen Abbau unterschiedlicher Fermentationsansätze (MAURICIO et al., 2001) von organischen Stoffen, wie Maissilage, entstehen. Insbesondere der mikrobielle Abbau von Zellwandkohlenhydraten führt zur Bildung von Methan (KIRCHGESSNER et al., 1993; CHEEKE, 2005). Beim Wiederkäuer besteht eine lineare Korrelation zwischen der Methanproduktion und der TM-Aufnahme bzw. der Menge an verdaulichen Kohlenhydraten relativ unabhängig von ihrer Herkunft (MOE und TYRRELL, 1979). Im Pansensaft befinden sich Kulturen, die aus Ameisen- und Essigsäure Methan bei einer Temperatur im Biotop zwischen 15 und 45 °C produzieren. Kulturen, die Buttersäure verwenden, benötigen ein Medium von 45 °C. Die Etablierung von Bakterien, die Methan aus Propionsäure bilden, blieb erfolglos. Azetatfermentierende Bakterien werden durch Kohlendioxid, Farbstoffe und Penicillin in ihrer Aktivität gehemmt. Von diesen Hemmstoffen unbeeinflusst blieben die Kulturen, die Ameisensäure abbauen (OPPERMANN et al., 1957). Für das Wachstum der Methanbakterien wird ein niedriges Oxydation/Reduktions-Potenzial bei sehr niedrigen Sauerstoffkonzentrationen benötigt (WOLFE, 1993). Durch die Fermentation der Kohlenhydrate entstehen aus 58 Molekülen Hexose 33,5 Moleküle Methan (HUNGATE, 1966; BREVES et al., 2000), dessen energetischer Wert (210,8 kcal/Mol bzw. 17,57 kcal/g C) in der Folge als Biogas genutzt werden kann (MENKE und EHRENSVÄRD, 1974). Methanogene Bakterien bilden Methan durch Reduktion von Kohlendioxid mittels Wasserstoff (GIESECKE, 1973). Messungen am Schaf ergaben, dass die Methanproduktion mit der Menge an verdaulichem Futter bis zum zweifachen Erhaltungsbedarf stieg, dann fiel wieder die Methangasproduktion (BLAXTER und CLAPPERTON, 1965).

Generell sollten sich die Eigenschaften der angebauten Silomaisarten in den nächsten Jahren dem **Zuchtziel** schrittweise nähern, um bei einer Kornreife von 65 % TM

nur Reifegrade in der Gesamtpflanze von maximal 35 % zu erreichen. Die züchterische Bearbeitung hinsichtlich der Trockenheitsresistenz ist dabei eine extrem komplexe Aufgabe (SIRI, 1993). Von gleicher Komplexität ist die Reaktion der Maispflanze auf Trockenheit in den verschiedenen Entwicklungsstadien, während der Keimung und Jugendentwicklung (BLUM et al., 1980), der Erhaltung des osmotischen Gleichgewichtes in den Zellwänden (WALKER, 1992) und die Wirkung auf die Assimilatbildung in den generativen Organen (SCHUSSLER und WESTGATE, 1991). Moderate TM-Gehalte in der Gesamtpflanze von 35 % (FILYA, 2004) sind möglich und zugleich wünschenswert, wenn die Restpflanze nur langsam altert. Die genetische Variabilität der futterwertbestimmenden Nährstoffe ist in der Restpflanze größer als im generativen Teil der Maispflanze (SCHMIDT, 1986), dennoch hat der generative Teil der Gesamtpflanze einen höheren Einfluss auf die Verdaulichkeit als die Restpflanze (SCHWARZ und ETTLE, 2000). Das Vertrauen in die Vorteile von Körnermaishybriden für die Silomaisproduktion hat die Verbesserung von Qualität und Ertrag bei Silomais früherer Jahre in eine Sackgasse geführt (HUNTER, 1979). Die Restpflanze kann einen hohen Futterwert erreichen und ermöglicht des Weiteren eine längere Kornreife- und füllungsphase. Dieser Sachverhalt wird unzureichend und nicht quantifizierbar mit dem Begriff „stay green“ bezeichnet (JOHNSON und TANNER, 1972; WILKINSON und HILL, 2003). In einer fortwährenden Reifephase bleibt nichts unverändert. Des Weiteren sind die Futterqualitäten infolge der Stärkeeinlagerungs- und Abreifedynamik der Silomaisarten sehr unterschiedlich (VERBIC et al., 1995). Futterqualität und Ertrag von Silomais können anhand des Silomais-Reifeindex in Selektionsmodellen als einfache Methode beurteilt werden, da der Kornanteil allein kein zufrieden stellendes Selektionskriterium ist, wenn auch der Zeit- und Kostenaufwand für getrennte Zucht- und Entwicklungsprogramme wegfallen (HUNTER, 1979; ROTH et al., 1970). Anfänglich haben die Pflanzenzüchter die Maisarten eher nach Kornertrag als nach dem Gesamtertrag selektiert. Der Anstieg im Siloertrag ist deshalb mehrheitlich eine Folge der steigenden Kornerträge (COORS und LAUER, 2001). Die in der Fachliteratur (CROOKSTONE und KURLE, 1988, HUNT et al., 1989; HUNTER et al., 1991; GANOE und ROTH, 1992; WIERSMA et al., 1993; FILYA, 2004; HALLAUER, 2004) gebräuchliche internationale Reifetaxonomie nach 4 Reifeentwicklungsstadien beurteilt die Entwicklung der Milchlinie im Maiskorn als Ernteindikator für Silomais (full dent <milchig, weißes Endosperm>, 2/3 milchline, 1/3 milchline und blackline <no milk, festes, gelbes Endosperm>

mit den korrespondierenden TM-Gehalten in der Gesamtpflanze von 21, 28, 35 und 42 %). Diese Reifemerkmale unterliegen starken genotypischen Variationen in der Morphologie und in der umweltabhängigen Alterung der einzelnen Pflanzenteile. Auch der vom Bundessortenamt durch Bonitur zu ermittelnde Grad der Blattabreife beschreibt in keiner Weise den differenzierten Reifeprozess im Silomaisanbau. Denn zwischen diesem Boniturmerkmal zum Zeitpunkt der Zulassung und den relevanten Qualitäts- und Ertragskriterien der ausgewerteten Versuche konnte biometrisch kein Zusammenhang festgestellt werden. Demgegenüber charakterisiert der Silomais-Reifeindex (TM-Gehalt im Korn/TM-Gehalt der Restpflanze) diesen dynamischen Prozess in Abhängigkeit von den Umwelten als eine repräsentative Maßzahl der aktuellen Reifedifferenz von generativen und vegetativen Pflanzenteilen in den Silomaisorten sicher (AMLER, 2004, 2005). Auch GIVENS und DEAVILLE (2001) kommen in ihrer Arbeit zum Schluss, dass der Gehalt an NDF (Rohfaser und Hemizellulose) als Reifemerkmal, untersucht an der Maissilage von Genotypen unterschiedlichen Alters, besser geeignet ist als der TM-Gehalt.

Der Silomais-Reifeindex (SRI) ist als aktuelles Reifedifferenzmerkmal Ausdruck des Qualitäts- und Leistungspotenzials sowie der Ökostabilität einer Silomaisorte auf Grund des Abreifeverhaltens von Korn und Restpflanze in Bezug zu allen Umwelteinflüssen.

Bei der Beurteilung der Genotypen (WEISSBACH und AUERBACH, 1999; HARTMANN et al., 2000; HARTMANN und GEIGER, 2001) kann auch die Reifezahldifferenz (Körnerreifezahl minus Siloreifezahl) zum Nachweis der potentiellen Reifedifferenz herangezogen werden (AMLER, 2002). In beiden Fällen sind diese Merkmale der Vitalität der

Maispflanze exakt messbar bzw. reproduzierbar. Durch eine assimilationsaktive und vitale Restpflanze ist ein hoher Reifegrad im Korn erst möglich. Sorten mit diesen Eigenschaften der Reifedifferenz erlauben eine Erweiterung der Erntezeitspanne um ca. 14 Tage je nach Witterungsbedingungen. Solche Sorten waren lange Zeit unbeliebt, weil sie die Grenzen des FAO-Systems sehr schnell aufgezeigt haben. Auch das gegenwärtige Reifesystem kann aus praktischer Sicht als umstritten angesehen werden. In letzter Instanz bestimmt zum Beispiel bei Wassermangel der Abreifezustand der Restpflanze den Erntezeitpunkt. Hier lässt sich nichts erzwingen und hinauszögern. Bei fehlender Wärme ist wiederum ein maximal möglicher Kornreifegrad anzustreben. Die Restpflanzenabreife ist in diesem Fall nicht der begrenzende Faktor. Der Reifezustand der Gesamtpflanze lässt solche detaillierten Erkenntnisse und Entscheidungen nicht zu (CAMPBELL, 1964 und BUNTING, 1975).

Der Silomais-Reifeindex (SRI) sollte generell zur Ernte von Silomais 2,5 und größer sein.

3.4 Umwelten

Neben dem Genotyp (SHERIDAN, 1982; HEPTING, 1982; GURRATH, 1991; WEISSBACH und AUERBACH, 1999; FONSECA et al., 2000; HARTMANN und GEIGER, 2001; BELEZE et al., 2003) sind die Einflüsse der Umwelten, einschließlich der agronomischen Maßnahmen (SCHUSTER, 1961; WATZKE, 1984; ZSCHEISCHLER, 1984; HAARHOFF, 1990; FAHEY, 1994; SIRI, 1993; JOCHMANN, 1999; MOSISA et al., 2001; BANNAYAN et al., 2004; MOREAU et al., 2004), auf den Reifegrad der Gesamtpflanze von Silomais (Tab. 2) und der

Tabelle 2: TM-Gehalt der Gesamtpflanze (%) in Abhängigkeit vom TM-Gehalt im Korn und der Restpflanzenabreife
Table 2: Dry matter content of whole plant maize in dependence on dry matter content of grain and plant without cobs

TM-Gehalt im Korn (%)	TM-Gehalt der Restpflanze (%)								
	18	20	22	24	26	28	30	32	34
35	21,8	23,0	24,1	25,2	26,3	27,5	28,6	29,7	30,8
40	23,8	24,9	26,0	27,2	28,3	29,4	30,5	31,7	32,8
45	25,7	26,9	28,0	29,1	30,2	31,4	32,5	33,6	34,7
50	27,7	28,8	29,9	31,0	32,2	33,3	34,4	35,5	36,7
55	29,6	30,7	31,9	33,0	34,1	35,2	36,4	37,5	38,6
60	31,6	32,7	33,8	34,9	36,1	37,2	38,3	39,4	40,6
65	33,5	34,6	35,7	36,9	38,0	39,1	40,2	41,4	42,5
70	35,4	36,6	37,7	38,8	39,9	41,1	42,2	43,3	44,4

TM-Gehalt der Gesamtpflanze = -a + b₁ TM-Korn^{***} + b₂ TM-Restpflanze^{***}
n = 439
S_R = 3,6334
B = 0,6846^{***}
Daten von 2000–2004

damit verbundenen Qualitäten sehr hoch signifikant (ROTH et al., 1970; GROSS, 1979). Messbar sind diese Einflüsse über den TM-Gehalt im Korn und den der Restpflanze (MOLL und KAMPRATH, 1977; HARTMANN et al., 2000). Sie finden treffend und quantifizierbar ihren Ausdruck im Silomais-Reifeindex.

Im ausgewerteten Datenmaterial waren Kornproben mit einem TM-Gehalt von 60 bis 65 % am häufigsten vertreten, während die TM-Gehalte in der Restpflanze im Bereich von 20 bis 30 % gehäuft vorkamen. Ein Drittel der Restpflanzen hatte TM-Gehalte von über 30 %.

In Abhängigkeit von der Restpflanzenabreife können die TM-Gehalte der Gesamtpflanze bei gleicher Kornreife Unterschiede von 10 %-Punkte aufweisen. Dies ist die gesamte **Spannbreite** des deutschen Silomaisortimentes von SRZ 200 bis 300. Mit anderen Worten können Sorten nur bedingt und kurzzeitig die Einflüsse der Umwelten kompensieren.

In dem Maße, wie die **Restpflanze abreift**, wird ein hoher Kornreifegrad schwer möglich (LEDENT, 1990). Kritisch wird es, wenn die Restpflanze einen TM-Gehalt von über 24 % TM erreicht hat. Dann bewegen sich die TM-Gehalte in der Gesamtpflanze allgemein auf einem für Silomais ungünstig hohem Niveau (STIEGER, 1981). Das Risiko des Auftretens von Fusariumtoxinen an den unteren Stängelbereichen der Maispflanze steigt mit der forcierten Restpflanzenabreife (DÄNICKE und OLDENBURG, 2000; SCHLAGHECK, 2001). Darüber hinaus besteht zunehmend die Gefahr des Auftretens von pathogenen Fusariosen von Schimmelpilzen (ARMBRUSTER, 1994; OLDENBURG, 1997; LEW et al., 1997; CHELKOWSKI, 1998; BLÜTHGEN et al., 2004), auch in Verbindung mit Fraßschäden des Maiszünslers (PAPST et al., 2005). Hier spielen vor allem Pilze der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* und *Monascus* sowie Vertreter der *Mucoraceae* eine entscheidende Rolle (ARMBRUSTER, 1994). Dabei bleiben wahrscheinlich trotz Maiszünsleresistenzen die Kontaminationsrisiken durch phytopathogene Fusariumarten bestehen (DÄNICKE und OLDENBURG, 2000). Die im Siliergut enthaltenen Fusariumtoxine bleiben im Silierprozess meist erhalten. In wenigen Fällen ist mit der Bildung von Metaboliten durch die Silagemikroflora und weiteren Reaktionen im Silagestock zu rechnen. Der Fütterungseinsatz solcher Mykotoxin belasteter, energiereicher Maissilagen kann dann sehr schnell in Frage gestellt. Die antibakterielle Wirkung von *Penicillium* kann den Bakterienhaushalt im Pansen beachtlich stören. Eine veränderte bakterielle Fettsäuresynthese kann zu Ketose (HÄGGBLOM, 1990), verbunden mit subklinischer Mastitis, Klauenerkrankungen und Abmagerung, führen.

Nach Literangeben kann zum Beispiel das antibiotisch wirkende, toxische Stoffwechselprodukt Patulin (FRISVAD und FILTENBORG, 1983; ULBRICH et al., 2004; TAPIA et al., 2005) auf die Verdauung, die Bildung der flüchtigen Fettsäuren und letztlich auf die Gesundheit der Wiederkäuer Einfluss nehmen. Bei Wiederkäuern findet im Pansen teilweise eine Hydrolisierung statt, wodurch ihre Empfindlichkeit herabgesetzt wird. Umgekehrt ist es bei Zeralenon, wo die östrogene Wirkung durch Metabolite verstärkt wird und Probleme bei den reproduktiven Organen der Nutztiere auftreten (VAN EGMONT, 1989). Nach FLACHOWSKY et al. (2003) besitzt der Wiederkäuer ein ruminales Potenzial, um Futtermittel mit derartigen Inhaltsstoffen zu entgiften. Gegenwärtig ist noch unklar, ob diese Vorgänge auf dem Ab- und Umbau beruhen oder ob die Mykotoxine im Pansen auch absorbiert werden.

Von krebserregenden und toxischen Verbindungen, die durch *Aspergillus flavus* auf Maiskörnern produziert wurden, berichten BROOKS et al. (2005) sowie *A. fumigatus* (BOUDRA und MORGAVI, 2005). Aflatoxin B₁ besitzt eine hohe Toxizität mit cancerogener Wirkung, deren toxische Metabolite als Aflatoxin M₁ in der Milch und den Milchprodukten wieder gefunden werden können. Jedoch zeigen sich toxische Effekte erst bei Dosen, die kaum dem natürlichen Konzentrationsmuster der Mykotoxine im Futter entsprechen (BLÜTHGEN et al., 2004).

Auf verderbgefährdeten Körnern können Ochratoxin A und Deoxynivalenol auftreten und bei allen Tieren cancerogen wirken. Die Empfindlichkeit der landwirtschaftlichen Nutztiere gegenüber Fusariumtoxinen ist auf Grund verschiedener Faktoren als sehr komplex zu betrachten. Bei den bisherigen Untersuchungen gab es keine Hinweise auf eine Gefährdung des Verbrauchers durch Rückstände in Eiern, Milch und essbaren Geweben (DÄNICKE und OLDENBURG, 2000). Eine vitale Restpflanze und ein reifes Korn sind somit aus Gründen der Gesundheit wie auch der Leistungsfähigkeit im Silomaisanbau von grundlegendem Interesse.

Dem gleichen TM-Gehalt in der Gesamtpflanze können sehr **unterschiedliche Reifegrade** im Korn und in der Restpflanze (CAMPBELL, 1964; BUNTING, 1975; BELEZE et al., 2003) zu Grunde liegen (Tab. 3). Daraus ergibt sich die extrem unterschiedliche qualitative Zusammensetzung von Silomais (DAYNARD und HUNTER, 1975; HUNTER, 1979; BÖHM et al., 1983; HAARHOFF, 1990; HEPTING, 1992).

Bei gleichem TM-Gehalt in der Gesamtpflanze sind gravierend unterschiedliche Qualitäten nachweisbar, die energetisch bedingt, Unterschiede in der Milchleistung von 2,8 kg je Kuh und Tag bei Verzehr von 10 kg TM bewirken können.

Tabelle 3: Einfluss des unterschiedlichen Abreifeverhaltens von Korn und Restpflanze bei gleichem TM-Gehalt der Gesamtpflanze
 Table 3: Influence of different ripening of grain and plant without cobs on basis of immediately dry matter content of whole plant maize

Gesamtpflanze	Einheit	Beispiel A kornbetont	Beispiel B restpflanzenbetont	Differenz von A zu B
TM-Gehalt der Gesamtpflanze	%	33	33	0
Silomais-Reifeindex (% TM Korn/% TM Restpflanze)		3,0	1,2	1,8
TM-Gehalt der Körner	%	60	40	20
TM-Gehalt der Restpflanze	%	20	34	-14
Silomais-Nährstoffindex (% Stärke-% Rohfasergehalt)		1,9	0,7	1,2
Stärkegehalt der Gesamtpflanze	%	32,3	16,6	15,7
Rohfasergehalt der Gesamtpflanze	%	17,2	25,6	-8,4
Silomais-Qualitätsindex (% Stärkegehalt/MJ ME)		3,0	1,7	1,3
Umsetzbare Energie (ME)	MJ kg T ⁻¹	10,9	9,8	1,1
Nettoenergie Laktation (NEL)	MJ kg T ⁻¹	6,6	5,7	0,9

~2,8 kg Milch je Kuh und Tag
 bei 10 kg TM Maissilage

3.5 Reifebeurteilung

Spätestens hier wird die Notwendigkeit einer **differenzierten Reifebeurteilung** bei Silomais sichtbar. Sie ist unter praktischen Bedingungen einfach durchzuführen und ermöglicht exaktere Aussagen als die direkte Untersuchung der Gesamtpflanze anhand einer Häckselprobe. Neben Schnellbestimmungsgeräten mit mehr oder minder zufrieden stellenden Messgenauigkeiten bieten sich Mikrowelle und Trockenschrank unterschiedlicher Anbieter zur Bestimmung der TM-Gehalte der beiden Fraktionen in der Praxis an. In einigen Betrieben gehört die Feststellung des TM-Gehaltes des Grundfutters zum Alltag. Bei Betrachtung der Probenwerte wird oft erkennbar, dass in der Regel die TM-Gehalte der Restpflanze bereits zu hoch sind. Die TM-Gehalte der Gesamtpflanze können dennoch im moderaten Bereich liegen. In diesen Fällen wurde die optimale Kornreife nicht erreicht. In der Folge fehlen die notwendigen Qualitäten, aber auch das nutzbare Ertragspotenzial kann nicht voll ausgeschöpft werden.

In der Abbildung 3 wird gezeigt, dass Maissorten mit höherem **Silomais-Reifeindex** (gleicher Reifegrad im Korn bei verzögerter Restpflanzenabreife) im ausgewiesenen Bereich von 1,5 bis 3,0 sowohl eine bessere Qualität als auch höheren Ertrag aufweisen. So wurde der Stärkegehalt um 30 % verbessert, gefolgt vom TM-Ertrag (18 %) und dem Energiegehalt (8 %). Die Rohfaser- und TM-Gehalte der Gesamtpflanze sanken auf 73 bzw. 70 %. Ein günstiger Sachverhalt für die Verfestigung des Silostapels und der TM-Aufnahme durch die Wiederkäuer bei hoher Ausreife von Silomais mit höherem Futterwert. Ein Effekt der von mehrfacher Bedeutung für die Effizienz und Produktsi-

cherheit von Silomais ist. Hier wird nochmals der enge Zusammenhang von Rohfaser- und TM-Gehalt im Silomais sichtbar (HAARHOFF, 1990; HARTMANN et al., 2000; BELEZE et al., 2003). Mit anderen Worten treibt der Rohfasergehalt den TM-Gehalt in der Gesamtpflanze auf allen Produktionsstandorten in unerwünschter Weise in die Höhe, während er die Stärkeeinlagerung, den TM-Ertrag und die Futterenergie negativ beeinflusst. Des Weiteren kann verdeutlicht werden, dass bei hohem Silomais-Reifeindex sich der TM-Gehalt der Gesamtpflanze gerichtet den Merkmalen, wie Stärke, Ertrag und Energie, entgegengesetzt verhält. Der TM-Gehalt der Gesamtpflanze ist, wie bereits mehrfach erwähnt, als alleiniges Reifekriterium für Silomais ungeeignet (MOLNAR und GYORI, 1996).

Ferner hat eine höhere Kornreife von 65 gegenüber der von 55 % TM bei gleichem SRI unter Beachtung der Literatur zur reifeabhängigen Verdaulichkeit (VEARASILPM, 1986; LOOSE, 1999; SCHWARZ und ETTLE, 2000; FILYA, 2004) wider Erwarten Vorteile hinsichtlich der attestierten Qualität und des Ertrages (Tab. 4). Die damit verbundene höhere Restpflanzenabreife hat bei gleich hohem SRI von 3,0 keine negativen Auswirkungen auf die Qualität (SCHLAGHECK, 2001) und den Ertrag. Die gleichen Aussagen treffen auch bei einem niedrigeren SRI von 2,0 zu. Vergleichsweise besteht eine Differenz im TM-Ertrag zwischen diesen beiden Silomais-Reifeindizes von 14,66 dt/ha bei gleicher Kornreife und beim Stärkegehalt von 3,18 % sowie bei der Nettoenergie von 0,23 MJ/kg TM respektive. Der TM-Gehalt der Gesamtpflanze erreicht bei hoher Kornreife von 65 % und hohem SRI von 3,0 für Silomais Größenordnungen von 35 im Vergleich von 48 % bei niedrigem SRI von 1,5.

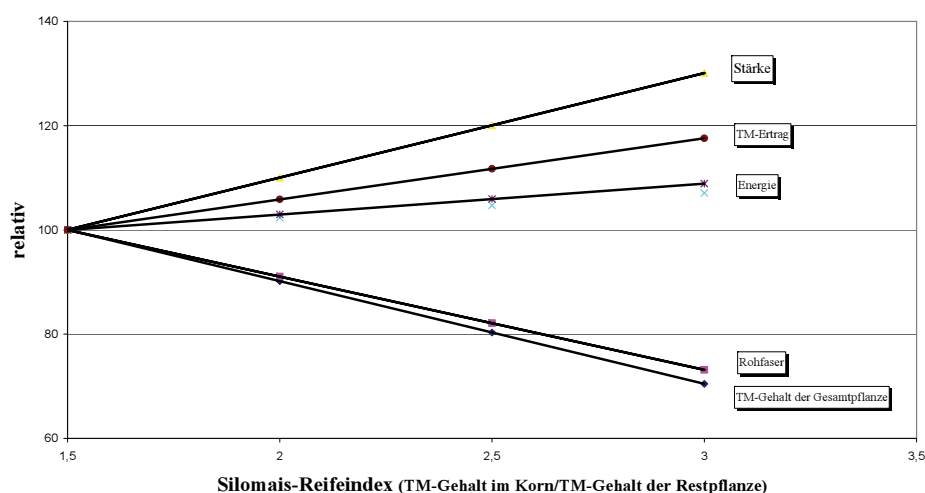


Abbildung 3: Qualität und Ertrag bei Silomais in Bezug zum Reifeindex

Figure 3: Quality and yield of silage maize in dependence on ripeness index

Bemerkenswert ist die geringer werdende Streuung der Trockenmassegehalte von Gesamt- und Restpflanze sowie vom Korn mit zunehmendem Silomais-Reifeindex, wobei die Restpflanze von allen Merkmalen am geringsten streut und auf den Verlauf des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze am einflussreichsten ist (Abb. 4). Möglicherweise ist dies ein Ansatz für eine an die Umwelteinflüsse besser angepasste Reifeinstufung der Silomaissorten auf der Grundlage der Restpflanzenabreife bei definiertem SRI von 2,5.

Mit zunehmender Vitalität der Restpflanze nimmt der TM-Gehalt der Gesamtpflanze deutlich ab. Der TM-Gehalt im Korn kann bei allen Reifeindizes hingegen hoch sein, während die Anforderungen an die Silomaissorten, gemessen an der Restpflanzenabreife, wachsen und nur von wenigen erfüllt werden. Deshalb ist die Erhöhung des Silo-

mais-Reifeindexes bedeutsamer als eine höhere Korn-TM bezogen auf den Reifegrad, die Qualität und den Ertrag. Dies unterstreicht nochmals die notwendige Ermittlung von Kornreife und Restpflanzenabreife bei Silomais als Ausdruck des SRI.

Die Erhöhung des Silomais-Reifeindexes bedeutet gleichzeitig einen Anstieg des Silomais-Qualitätsindex und damit eine schnellere Steigerung des Stärkegehaltes im Vergleich zur Energie (Tab. 4). Diese Erhöhung ist aus der Sicht einer verbesserten Dünndarmstärkebereitstellung für Hochleistungskühe (FLACHOWSKY et al., 1985; KURTZ, 2003) bzw. in der Rindermast aus pansenphysiologischer (KIRCHGESSNER und SCHWARZ, 1984; ZSCHEISCHLER, 1984) interessant. Die Verbesserung des Silomais-Reifeindexes bei gleicher Kornreife bedeutet eine Erhöhung des Stärkegehaltes vorwiegend

Tabelle 4: Differenzierte Reife von Silomais und ihr Einfluss auf Qualität und Ertrag
Table 4: Different ripening of silage maize and her influence on quality and yield

Reifeverhältnis Silomais-Reifeindex (TM-Gehalt im Korn/ TM-Gehalt der Restpflanze)	Reifestadium			Futterwertparameter				Qualitätsverhältnis Silomais- Qualitätsindex (Stärkegehalt/ umsetzbare Energie)	Ertrag TM-Ertrag dt/ha
	TM-Gehalt im Korn %	TM-Gehalt der Rest- pflanze %	TM-Gehalt der Gesamt- pflanze %	Roh- faser- gehalt %	Stärke- gehalt %	umsetz- bare Energie MJ/kg TM	Netto- energie MJ/kg TM		
1,5	55	36,70	40,13	22,53	24,16	10,21	6,06	2,4	148,99
	60	40,00	43,93	22,08	25,90	10,29	6,12	2,5	149,73
	65	43,30	47,73	21,63	27,64	10,37	6,18	2,7	150,47
2,0	55	27,50	34,96	20,28	27,09	10,48	6,27	2,6	162,49
	60	30,00	38,30	19,64	29,09	10,59	6,34	2,7	164,40
	65	32,50	41,65	19,00	31,08	10,69	6,42	2,9	166,31
2,5	55	22,00	31,86	18,94	28,84	10,65	6,39	2,7	170,55
	60	24,00	34,93	18,18	31,00	10,76	6,48	2,9	173,20
	65	26,00	38,00	17,41	33,15	10,88	6,56	3,0	175,84
3,0	55	18,30	29,78	18,04	30,02	10,75	6,47	2,8	175,98
	60	20,00	32,68	17,20	32,27	10,88	6,57	3,0	179,06
	65	21,70	35,58	16,37	34,52	11,01	6,66	3,1	182,15

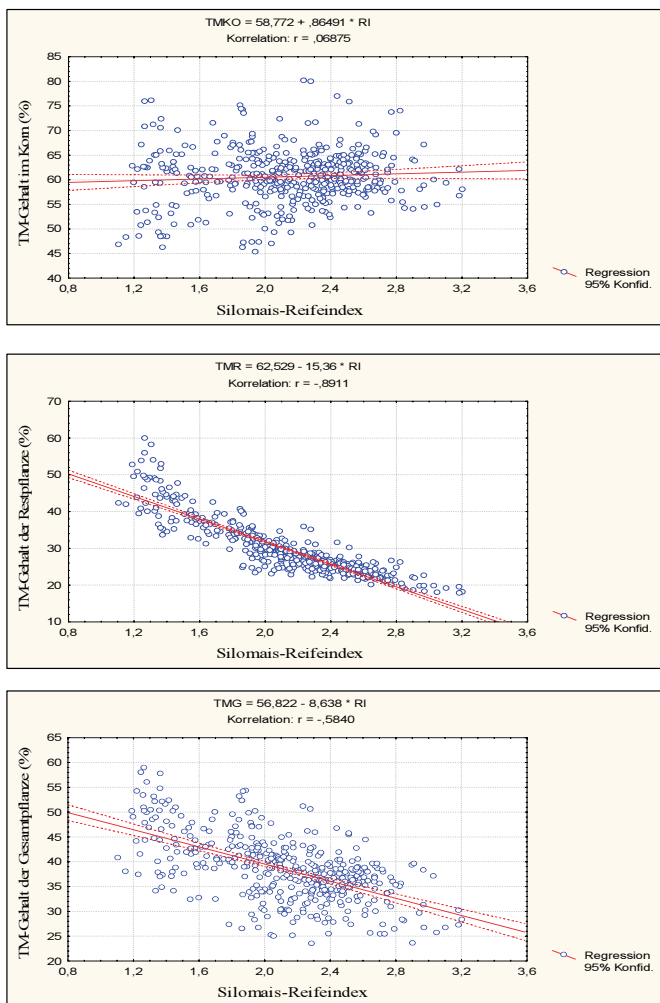


Abbildung 4: TM-Gehalt von Korn, Rest- und Gesamtpflanze in Beziehung zum Silomais-Reifeindex
 Figure 4: Dry matter content of grain, stover and whole plant maize to ripeness index

aus der vitaleren Restpflanze und genotypspezifischen Kornqualität (BAJAJ, 1994; VERBIC et al., 1995; PEREIRA et al., 2004). In diesem Zusammenhang sind keine größeren Stärkeverluste (WEISSBACH, 1993) im Kot zu erwarten. Anders ist es bei der Erhöhung der Kornreife von 60 auf 65 %, wo ein Teil der zusätzlich produzierten Stärke über den Kot verloren geht. Im Verlauf der Erhöhung der Silomais-Reifeindizes von 1,5 bis 3,0 werden die Unterschiede in der Veränderung bei den einzelnen Qualitäts- und Ertragsparameter geringer. Bei dem ausgewerteten Datenmaterial wurde der SRI von größer 2,5 nur in 21 % der Fälle erreicht. Den SRI von über 3 wiesen nur 1,3 % der Fälle auf.

Die Erhöhung des Silomais-Reifeindex hat eine grundlegende Bedeutung. Der SRI ist eine Zielgröße und zugleich ein Instrument der Bestandesführung zur Gewähr-

leistung und Verbesserung der Produktsicherheit sowohl im Silomaisanbau als auch als Standard bei der Silierung, Fütterung und den spezifischen Folgen für Mensch, Tier und Boden.

Daraus leiten sich Prämissen für die Sortenwahl ab, um das unüberschaubare Sortiment sehr schnell auf ein notwendiges Maß zu reduzieren. Nur mit wenigen Silomaisarten sind hohe Silomais-Reifeindizes unter allen Anbaubedingungen erreichbar. Auf Grund dieser Ergebnisse ist ein maximal möglicher Silomais-Reifeindex im aktuellen Anbaujahr anzustreben. Die Empfehlung für den optimalen Reifebereich von 60 und 65 % TM im Korn wird dabei durch den günstigeren Reifestatus der Rest- und Gesamtpflanze bei höchst möglichen Silomais-Reifeindex relativiert. Die sortenspezifischen Unterschiede können exakt beschrieben und berücksichtigt werden. Qualität und Ertrag werden auf der Grundlage von Futteratesten der jeweiligen Untersuchungsstellen maximiert. Ein wissenschaftlicher Nachweis dieser auf Futtermittelatesten beruhenden Ergebnisse auch am Tier wird empfohlen, um die extremen Reifebereiche abzuklären.

3.6 Anwendung der K/R-Methode

Auf der Grundlage der differenzierten **Beprobung von Korn und Restpflanze** sind im landwirtschaftlichen Betrieb zum Zeitpunkt der Ernte mittels eines Proben- und Strategieblattes Erwartungswerte der Qualität und des Ertrages (Tab. 5) sowie nur auf der Basis des TM-Gehaltes im Korn in Verbindung mit der Reifezahldifferenz (Tab. 6) kalkulierbar. Der Landwirt kann aktiv den optimalen Zeitpunkt der Ernte selbst bestimmen und auf diese Weise gezielt auf das Endprodukt in Menge und Qualität Einfluss nehmen.

Damit werden die drei wesentlichen Ziele der Silomaisproduktion (HUNTER, 1979) erfüllt:

1. hoher TM-Ertrag pro Flächeneinheit,
2. ausreichender TM-Gehalt, um einen guten Gärverlauf und eine hohe TM-Aufnahme durch das Tier zu erreichen,
3. ein hoher Futterwert.

Der notwendige Zeitaufwand für differenzierte Bestimmung der TM-Gehalte im Korn und in der Restpflanze (K/R-Methode) sollte zunehmend durch den Einsatz von Schnellmethoden reduziert werden. Das Futtermittelattest von der produzierten Maissilage ist dann Grundlage für die Rationsgestaltung. Sollten der Kornreifegrad und Restpflanzenabreifeegrad bislang nicht ermittelt worden sein,

Tabelle 5: Probenblatt mit Erwartungswerten für Silomais (AMLER, 2005)
 Table 5: Analysis paper for prediction data of silage maize (AMLER, 2005)

Probenangaben					Erwartungswerte (dienen als Feld-Info, Laborwerte sind erst von der Silage notwendig), in %, MJ/kg TM oder dt/ha						
Nr.	Proben-Bezeichnung	Bemerkungen	TM-Gehalt Korn	TM-Gehalt Restpflanze	Reifeindex (RI)	TM-Gehalt Gesamtpflanze	Rohfasergehalt	Stärkegehalt	ME	NEL	TM-Ertrag
1	Lukas vom Oberfeld	normale Ausreife	60,00	20,00	3,0	32,68	17,20	32,27	10,88	6,57	161,16
2	Lukas vom Unterfeld	Trockenschäden	40,00	34,00	1,2	32,79	25,62	16,64	9,77	5,73	122,60
3	Restpflanze	grün	65,00	18,00	3,6	33,50	15,46	35,70	11,11	6,74	168,82
4	Restpflanze	mittel	60,00	22,00	2,7	33,80	17,69	31,63	10,82	6,52	158,52
5	Restpflanze	strohig	55,00	26,00	2,1	34,11	19,92	27,57	10,53	6,30	148,22
6	Lenz	Volldüngung	72,00	34,90	2,1	45,72	17,83	34,23	10,86	6,55	153,54
7	Lenz	ungedüngt	59,00	33,70	1,8	40,00	20,79	27,35	10,44	6,23	142,07

Tabelle 6: Proben- und Strategieblatt nach der Korn/RZD-Methode für Silomais (AMLER, 2005)
 Table 6: Paper of example and strategy on the basis of grain/RZD-method for silage maize (AMLER, 2005)

Probenangaben					Erwartungswerte (dienen als Feld Info, Laborwerte sind erst von der Silage notwendig), in %, MJ/kg TM oder dt/ha						
Nr.	Proben-Bezeichnung	Bemerkungen	RZD (KRZ-SRZ)*	TM-Gehalt Korn	TM-Gehalt Gesamtpflanze	Rohfasergehalt	Stärkegehalt	ME	NEL	TM-Ertrag	
1	Lukas	Ostblock	0	55,00	34,46	20,04	27,36	10,53	6,32	146,42	
2	Domenico	Merkel-Plan	-20	55,00	33,45	19,33	28,13	10,56	6,31	147,35	

*RZD = Reifezahldifferenz (Körnerreifezahl – Siloreifezahl)

können sie rückwirkend auf der Grundlage des Futtermittelattestates anhand des TM- und Stärkegehaltes des untersuchten Silomaises (Tabelle 7) ausgewiesen werden. Die Anwendung der K/R-Methode ist auf der Ebene der Agronomie zu vollziehen und kann die Anwendbarkeit der Futterbewertung und -attestierung durch die NIRS-Methode (MAINKA, 1990; DEGENHARDT, 1996) unterstützen, die in den Labors seit Jahren international Anwendung findet.

4 Schlussfolgerungen

Die **Produktsicherheit im Silomaisanbau** (Abb. 5) beginnend mit der Maiszüchtung, den Exaktversuchen jedweder

Art, der Sortenwahl, der Fixierung des Erntezeitpunktes, der Silierung, dem Futterwert und letztlich dem Fütterungserfolg, einschließlich der spezifischen Auswirkung auf die Gesundheit von Mensch und Tier sowie eines ökologisch fundierten Nährstoffkreislaufes im Boden basiert auf der optimalen Silomaisreife. In Abhängigkeit vom Produktionsstandort ist eine maximale Kornreife von 60 bis 65 % TM im Korn bei langsamer Restpflanzenabreife unter 24 % TM und einem maximal möglichen Silomais-Reifeindex von mindestens 2,5 anzustreben. Mit der Fixierung dieser Parameter ist eine exakte Grundlage für die Reproduzierbarkeit aller Ergebnisse in Praxis und Wissenschaft gegeben, um von einheitlichen Voraussetzungen auszugehen. Der TM-Gehalt in der Gesamtpflanze ist weder als Reifemaß-

Tabelle 7: Futteranalysenblatt mit agronomischen Erwartungswerten für Silomais (AMLER, 2005)
 Table 7: Paper of forage analysis with agronomical datas of prediction for silage maize (AMLER, 2005)

Futterattestwerte in %					Erwartungswerte in %		
Nr.	Proben-Bezeichnung	Bemerkungen	TM-Gehalt Gesamtpflanze	Stärkegehalt	TM-Gehalt Korn	TM-Gehalt Restpflanze	Silomais-Reifeindex (SRI)
1	Lentus	Spitze	32,00	34,00	59,0	22,76	2,51
2	Lupus	Spitze	33,00	33,00	59,2	23,94	2,44
3	Nescio	Spitze	31,00	38,00	59,8	20,67	2,67

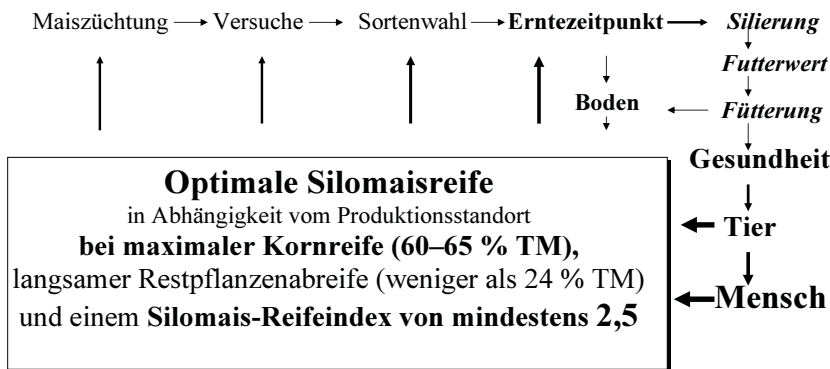


Abbildung 5: Produktsicherheit im Silomaisanbau
Figure 5: Product safety in the silage maize cultivation

stab noch als Standardkriterium für Versuche hinreichend geeignet.

Von der **Maiszüchtung** werden neben den bisherigen Zielen Sorten mit langsam abreifender Restpflanze (ROTH et al., 1970; WEISSBACH und AUERBACH, 1999; HARTMANN und GEIGER, 2001) und hohen Stärkegehalten erwartet, um einen höheren Anteil von überregional geeigneten Sorten für Extremstandorte zur Verfügung zu stellen. Die Reifeinstufung nach dem Silomais-Reifeindex ist im Vergleich zu der auf dem TM-Gehalt der Gesamtpflanze beruhenden Silomaisreifezahl exakter und einfach zu bestimmen. Empfohlen wird eine Einstufung der Silomaisorten in die Reifegruppen: sehr früh, früh, mittelfrüh und mittelspät. Eine noch feinere Unterteilung ist, gemessen an dem extremen Einfluss der Umwelten, wenig sinnvoll.

Bei **Versuchen** (ANONYM, 1988; DE BOEVER et al., 1997) ist eine differenzierte Kontrolle der Reife von Korn und Restpflanze zur besseren Vergleichbarkeit der Sorten und deren Ergebnisse notwendig, um für Silomais typische Reifegrade, z. B. 33 % TM in der Gesamtpflanze (60 % TM im

Korn; 20 % TM in der Restpflanze) mit einem Silomais-Reifeindex von 2,5 und größer erreichen zu können. Auf dieser Grundlage sollte eine bessere Reifeinstufung der Sorten in Bezug auf die wechselnden Umwelteinflüsse anhand der Restpflanzenabreife möglich sein. Für wissenschaftliche Untersuchungen ist eine exakte Grundlage für die Reproduzier- und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu unterschiedlichen Fragestellungen gegeben, wie Standardisierung bzw. Reifecharakteristik und viele andere mehr.

Bei der **Sortenwahl** (MILTNER und RATH, 1998; SCHWAB et al., 2003) sind diese in der Reife differenten Sortentypen zu bevorzugen, um hohe Gebrauchswerte mit einer überschaubaren Anzahl an Sorten überregional produzieren zu können. Sorten mit hohem Silomais-Reifeindex von 2,5 und größer ermöglichen die weitestgehende Erschließung der nutzbaren Qualitäts- und Ertragsreserven im Silomaisanbau. Der Silomais-Reifeindex korreliert wesentlich enger mit dem TM-Gehalt von Silomais zum Zeitpunkt der Ernte ($r = -0,58$) als die Siloreifezahl ($r = -0,20$). Die gleiche Aussage gilt für Qualität und Ertrag als Kriterium bei der Sor-

Tabelle 8: Reife-, Nährstoff- und Qualitäts-Indizes als Kriterien für die Sortenwahl bei Silomais
Table 8: Ripeness-, Nutrient- and Quality-Indices as parameters for choice of silage maize variety

Reifeverhältnis Silomais-Reifeindex (SRI) (TM-Gehalt im Korn/ TM-Gehalt der Restpflanze)	Reifestadium			Nährstoffverhältnis Nährstoffindex (SNI) (Stärkegehalt/ Rohfasergehalt)	Qualitätsverhältnis Qualitätsindex (SQI) (Stärkegehalt/ umsetzbare Energie)
	TM-Gehalt im Korn %	TM-Gehalt der Restpflanze %	TM-Gehalt der Gesamtpflanze %		
1,5	55	36,70	40,13	1,1	2,4
	60	40,00	43,93	1,2	2,5
	65	43,30	47,73	1,3	2,7
2,0	55	27,50	34,96	1,3	2,6
	60	30,00	38,30	1,5	2,7
	65	32,50	41,65	1,6	2,9
2,5	55	22,00	31,86	1,5	2,7
	60	24,00	34,93	1,7	2,9
	65	26,00	38,00	1,9	3,0
3,0	55	18,30	29,78	1,7	2,8
	60	20,00	32,68	1,9	3,0
	65	21,70	35,58	2,1	3,1

tenwahl. Bei fehlendem Nachweis des SRI der Maissorten können zum Zeitpunkt der Sortenwahl auch der mit dem Reifegrad des Siliergutes eng korrelierende Silomais-Qualitätsindex (Stärkegehalt zur umsetzbaren Energie) bzw. der Nährstoffindex (Stärkegehalt zum Rohfasergehalt) als Entscheidungskriterium auf der Grundlage vorhandener Silomaisatteste genutzt werden (Tabelle 8). Vorrang haben dann grundsätzlich Sorten mit dem höchsten Index bzw. Stärke- und Energiegehalt sowie niedrigstem Rohfasergehalt. Diese Kennziffern stehen im engen Zusammenhang mit dem Silomais-Reifeindex und sind für die Sortenwahl besser geeignet als die Siloreifezahl.

Durch die differenzierte Reifebestimmung nach der K/R-Methode ist der **Erntezeitpunkt** im Silomaisanbau exakter als bisher feststellbar (AMLER, 2002, 2003, 2004, 2005). Dadurch bekommt letztlich die Sortenwahl für den Landwirt eine solide Grundlage. Diese differenzierte Reifeermittlung ist dabei eine wesentliche, praktische Hilfe und der beste Indikator für einen hohen Standard bei der Produktion von Silage. Die Anwendung und konsequente Umsetzung dieser Methode im Silomaisanbau ersetzt nicht das Einbringen der praktischen Erfahrung. Auf die Größenordnung bezogen, unterliegen die drei Indizes (SRI; SNI; SQI) keinem optimalen Bereich, wie der TM-Gehalt der Gesamtpflanze. Der Silomais-Reifeindex kann als Reifemaßstab, soweit wie es die Produktionsbedingungen im Silomaisanbau (BANNAYAN et al., 2004) zulassen, eine maximale Größe erreichen. Ein für die Tierernährung ungeeignet hoher Kornreifegrad ist nicht zu erwarten, da der überwiegend durch die Umwelten bedingte Einfluss der schnellen Restpflanzenabreife auf den SRI in der Mehrzahl der auftretenden Fälle größer ist. Auch die Einhaltung der agrotechnischen Termine innerhalb der Fruchtfolge (Silomais – Weizen) selbst, erfordert bereits eine betrieblich angepasste Silomaisernte.

Des Weiteren können größere Fehler bei der **Silierung** (MCDONALD et al., 1991, WEISSBACH und AUERBACH, 1999), wie mangelnde Verfestigung auf Grund zu hoher TM-Gehalte bzw. Fehlgärungen und/oder höhere Silierverluste, insbesondere Sickersaftverluste (DAYNARD und HUNTER, 1975), bedingt durch nicht optimal ausgereiftem Silomais (FILAY, 2004) nachhaltig vermieden werden. Mindest-TM-Gehalte für kleinere Silos wurden bei 28 % im Siliergut fixiert. Im letzten Fall hat die Silage höhere Gehalte an Milchsäure, Äthanol, größere Masseverluste sowie höhere Hefe- und Pilzgehalte. Die Kohlendioxydbildung ist stark ausgeprägt. Die aerobe Stabilität dieser Maissilagen ist gering. Der Rohfasergehalt ist hoch. Das pilzliche Verder-

brisiko kann aus vielen Gründen, wie unsachgemäße Silierung bzw. Silageentnahme (DERST, 1989) bei großen Anschnittflächen, ansteigen.

Im Ergebnis der K/R-Methode können gezielt höhere **Futterwerte** (FLACHOWSKY et al., 1985; FETT, 1988; TOLERA et al., 1998; HRIC et al., 2000; TOLERA und SUNDSTØL, 2000; DI MARCO et al., 2002; VOLKERS et al., 2003) bei konstanter Zusammensetzung des Grundfutters und gleichzeitig durch höhere TM-Aufnahme durch die Wiederkäuer (COPPOCK, 1969) die Futter- und Energieaufnahme an schmackhaften, hochkonzentrierten und strukturwirksamen Maissilagen gesteigert werden. Dies ist besonders im ersten Laktationsdrittel der Kühe bedeutsam, wo der Energiebedarf, bedingt durch das begrenzte Futteraufnahmevermögen, nicht in voller Höhe abgedeckt werden kann. Maissilage ist auf Grund ihrer Stärkekonfiguration von besonderer Bedeutung für die postramidale Stärkebereitstellung.

Durch den Silomais-Qualitätsindex (Stärkegehalt /umsetzbare Energie) wird eine Information über die spezifische, pan-senphysiologische Wirkung der Maissilage hinsichtlich einer milchvieh- bzw. mastviehgerechten Fütterung gegeben. Darüber hinaus kann der SQI im Bedarfsfall neben dem SRI als Entscheidungskriterium für die Sortenwahl herangezogen werden.

Im Endeffekt werden pflanzenbaulich die notwendigen Voraussetzungen für einen sicheren **Fütterungserfolg** (KIRCHGESSNER und SCHWARZ, 1984; SCHWAB et al., 2003) auf der Basis eines hohen Grundfutteranteils aus dem wirtschaftseigenen Futterfonds durch Optimierung des Reifemanagement im Silomaisanbau geschaffen, um letztlich in der Tierproduktion ganzjährig eine hohe und stabile Produktion bei geringen Kosten zu ermöglichen. Höhere Futteraufnahmen verbunden mit höheren Futterwerten der Maissilagen bei konstanter Zusammensetzung bewirken diese steigenden wirtschaftseigenen Grundfutterleistungen.

Die optimale Silomaisreife hat über den Weg der Produktion von hochwertigem Silomais und dem Fütterungseinsatz von Qualitätssilagen in der Tierproduktion, eine grundlegende Bedeutung für die **Gesundheit von Mensch und Tier** (OLDENBURG, 1997; NURYONO, 2005; BOUDRA und MORGAVI, 2005). Durch Aufnahme von mykotoxinbelasteten pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln („carry over“) kann die Gesundheit auch von Mensch und Tier beeinträchtigt werden. So berichten RAZZAZI-FAZELI et al. (2003) von toxischen Schimmelpilzgiften unter dem Aspekt der Lebensmittelsicherheit und der Erstellung eines Richtwerteschemas für Deoxynivalenol und Zearalenon im

Nutztierfutter. Das Vermeiden der Verfütterung von mit Mykotoxinen belasteter Silagen an Wiederkäuer, auch bedingt durch den unkontrollierten Reifestatus von Silomais, ist besonders in feucht-warmen Jahren und Standorten (FANDOHAN et al., 2005; NURYONO, 2005) sowie bei mechanischen Verletzungen der Maispflanzen (PAPST et al., 2005) zur Ernte ein Thema. Mykotoxine können bei laktierenden Tieren in der Milch wieder gefunden werden. Das Ausschließen von mit Toxinen belasteter Nahrungsmittel in der menschlichen Ernährung gesteht sich deshalb von selbst (TAPIA et al., 2002; ERIKSEN und PETTERSSON, 2004; BROOKS et al., 2005).

Zugleich kann aus ökologischer Sicht durch gezieltes Erreichen des Silieroptimums und des Ertragsmaximums sowie wissenschaftlich fundierte Fütterung ein wirksamerer Beitrag zur höheren Effizienz der mobilisierten, pflanzenverfügbaren Nährstoffvorräte im **Boden** (SCHLUMBOHM, 1975; WATZKE, 1984; und ZSCHEISCHLER, 1984; NEETESON et al., 2002; SCHRODER, 2005) geleistet und unnötige Nährstoffeinträge durch eine bessere Verdaulichkeit der Nährstoffe in der Tierproduktion (FLACHOWSKY et al., 1985; GUO und ZOCCARATO, 2004) vermieden werden. Selbst der Fütterungseinsatz von optimal reifen Maissilagen mit geringerem N-Gehalt kann bereits ein Überangebot an Stickstoff in der Ration der Wiederkäuer reduzieren (NEETESON et al., 2002; FILYA, 2004). Die Effizienz der N-Düngung beträgt nur 50 bis 60 % (SCHNUG und ROGASIK, 2005). Unabhängig vom Versorgungszustand der Böden mit Phosphat kann der Pflanzenbestand nur 10 bis 25 % des Düngers im Jahr seiner Ausbringung nutzen (KICK und MINKAS, 1972). Unter Einbeziehung der Nachwirkungen werden in den Folgejahren nur 55 bis 60 % ausgeschöpft (MATZEL, 1974). Folgeerscheinungen können die Anreicherung des Trinkwassers mit Nitraten (BACH, 1987; SONNEVELD und BOUMA, 2003) und löslichem Phosphat (ISERMANN, 1991), das durch Eutrophierung begünstigte Algenwachstum und die durch die Anreicherung klimarelevanter Spurengase, wie Ammoniak, Stickoxide (VAN GROENIGEN, 2004), induzierte Erwärmung der Erdatmosphäre sein.

5 Ausblick

Die differenzierte Reifebestimmung mittels der **K/R-Methode** mit dem Nachweis des Silomais-Reifeindex als Quotient aus Kornreife und Restpflanzenabreife unter Beachtung von Genotyp und Umwelten ermöglicht folgende Anwendungsbereiche:

Weites Reifeverhältnis: **maximal möglicher Silomais-Reifeindex**

1. Bestandesführung im Silomaisanbau bis zum letzten Vegetationstag
2. Produktsicherheit im gesamten Produktions- und Verwertungszyklus von Silomais
3. Nachweis der potenziellen und aktuellen Reifecharakteristik ökostabilerer Genotypen
4. Standortgerechte Wahl der Silomaisorten auch anhand des SNI und SQI anstelle der Siloreifezahl (SRZ)

Definiertes Reifeverhältnis: **Silomais-Reifeindex von 2,5 bei 60 % TM im Korn**

5. Beurteilung der Silomaisorten nach Reifedifferenz als Selektionsmodell der Züchtung
6. Grundlage für eine phänotypisch stabilere ReifeEinstufung der Silomaisorten bei der Zulassung
7. Standardniveau aus agronomischer Sicht für weiterführende wissenschaftliche Versuchsanstellungen zwecks besserer Reproduzier- und Vergleichbarkeit dieser auf Futtermittelattesten beruhenden Ergebnisse, einschließlich des experimentellen Nachweises der Richtigkeit dieser Empfehlungen am Tier, in vitro sowie in situ.

Der Silomais-Reifeindex als Kriterium des Silieroptimums ist zugleich universelles Merkmal für die Steuerung und des Vergleiches sowie Zielgröße in der Produktion und Verwertung von Silomais sowie sich anschließender Versuche und wissenschaftlicher Fragestellungen. Maisbestände mit stärker abgereiften Restpflanzen bzw. nicht optimal ausgereiftem Korn sind mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu vermeiden. Dazu sind in der Reife differente Maissorten mit hohem Stärke- und Energiegehalt sowie hoher Ökostabilität anzubauen und bei einem Silomais-Reifeindex von mindestens 2,5 zu ernten.

Danksagung

Für die Bereitstellung eines großen Teiles der Primärdaten sowie für die angenehme Zusammenarbeit danke ich sehr herzlich Herrn Werner Winterfeld von der Firma Landwirtschaftliche Dienstleistungen – Feldtest, Ziegelrodaer Str. 33 in 06571 Rossleben.

Literatur

- ACKERMANN, R. (1999): Wann ist der Mais erntereif? *Bauernzeitung* 40, 24.
- AKBAR, M. A. et al. (2002): Measurement of yield and in situ dry matter degradability of maize varieties harvested at two stages of maturity in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 100 (1–2), 53–70.
- AMLER, R. et al. (1989): Mit steigendem Reifegrad bei Silomais zu höherer Effektivität in der Futter- und Tierproduktion. *Tierzucht* 43, 89–91.
- AMLER, R. (1999): Beitrag zur Ermittlung der Silomaisreife und dessen Vorhersage. Vortrag zur Maistagung der Firma Force Limagrain GmbH am 17.6.1999 in Bad Steben.
- AMLER, R. (2002): Trockenmasse im Korn als Maßstab für die Silierreife. Schwächen von FAO-Fahl und SRZ bei der Beurteilung von Silomais und Silage. *Landpost* 57, 14–15, 28–29.
- AMLER, R. (2003a): Exakte Mais-Reifebestimmung. Silieroptimum und Ertragsmaximum bestimmen den Emtezeitpunkt. *Neue Landwirtschaft* 14 (8), 48–50.
- AMLER, R. (2003b): Silomaisreife und Sortenwahl nach Maß. *Gesunde Pflanzen* 55, 175–183.
- AMLER, R. (2003c): Wann ist Mais silierreif? *Bauernzeitung* 33, 23–25.
- AMLER, R. (2003d): Silomaisreife und Sortenwahl nach Maß. Optimale Silierreife von Silomais und Produktsicherheit in der Tierproduktion durch erntenahe Bestandesführung mittels Messung der Komabreife. *Berichte über Landwirtschaft* 81, 392–404.
- AMLER, R. (2004a): Die Reifeprüfung. Optimale Silomaisreife durch praktische Reifeprüfung ermitteln. *Neue Landwirtschaft* 15 (8), 49–51.
- AMLER, R. (2004b): Wann ist Silomais richtig reif? *Bauernzeitung* 33, 20–22.
- AMLER, R. (2004c): Silomaisreife messen statt schätzen. *dlz – agrarmagazin*, 55 (9), 60–66.
- AMLER, R. (2005a): Wann kann das „Reifezeugnis“ ausgestellt werden? *Neue Landwirtschaft* 4, 48–50.
- AMLER, R. (2005b): Auf den Punkt. Optimierte Reifemanagement bei Silomais bringt Produktsicherheit. *Neue Landwirtschaft* 15 (8), 46–50.
- AMLER, R. (2005c): Der beste Erntetermin. *Bauernzeitung* 34, 22.
- AMLER, R. (2005d): Mehr als Zahlenspielerei. Ein optimiertes Reifemanagement beim Silomaisanbau erhöht die Produktsicherheit. *Neue Landwirtschaft* 15 (9), 56–58.
- ANONYM (1988): Bundessortenamt: Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Verlag Alfred Strothe, 64.
- ANONYM (2003): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen und Hackfrüchte 2003. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, 148.
- ARGILLIER, O. et al. (1995): Relationship between biomass yield grain production, lodging susceptibility and feeding value in silage maize. *Maydica* 40, 125–136.
- ARGILLIER, O. et al. (1998): Genetic variation for in vitro criteria and relationships with in vivo digestibility in forage maize hybrids. *Plant breeding* 117, 437–441.
- BACH, M. (1987): Stickstoff-Bilanzen der Kreise der Bundesrepublik Deutschland als Grundlage einer Abschätzung der möglichen Nitratbelastung des Grundwassers durch die Landwirtschaft. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges.* 43/II, 625–630.
- BAI, Q. L. et al. (2004): Prediction of NDF and ADF concentrations with near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Spectroscopy and spectral analysis* 24, 1345–1347.
- BAJAJ, Y. P. S. (1994): *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 25, Maize, Springer Verl., 14, 489–492.
- BAL, M. A. et al. (2000): Stage of maturity, processing, and hybrid effect on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 1–2, 83–94.
- BANNAYAN, M. et al. (2004): Photothermal impact on maize performance: a simulation approach. *Ecological Modelling* 180, 277–290.
- BARRIERE, Y. et al. (1998): Genetic variation in rate and extent of the in situ cell wall degradation of maize stalks at silage harvest time. *Agronomie* 18, 581–589.
- BARRIERE, Y. et al. (2004): Genetic variation for organic matter and cell wall digestibility in silage maize. Lessons from a 34-year long experiment with sheep in digestibility crates. *Maydica* 49 (2), 115–126.
- BECKMAN, J. L. und W. P. WEISS (2005): Nutrient digestibility of diets with different fiber to starch ratio when fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88, 1015–1023.
- BEEVER, D. E. und F. L. MOULD (2000): Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: GIVENS, D. I. et al. (Eds.): *Forage evaluation in ruminant nutrition*. CABI Publishing, pp. 15–42.
- BELEZE, J. R. F. et al. (2003): Evaluation of five corn hybrids (*Zea mays*, L.) at different maturity stages. 1. Productivity, morphologic traits and correlations. *Brazilian J. Anim. Sci.* 32, 529–537.
- BERGNER, H. und L. HOFFMANN (1996): *Bioenergetik und*

- Stoffproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere. Harwood Academic Publishers, 324.
- BLAXTER, K. L. und J. L. CLAPPERTON (1965): Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Brit. J. Nutr.* 19, 511–522.
- BLÜTHGEN, A. et al. (2004): Mykotoxine in der Milcherzeugung – Vorkommen, Bedeutung und Möglichkeiten der Minimierung in der Produktkette Futtermittel – Milch. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte* 56 (4), 219–263.
- BLUM, A. (1988): *Plant breeding for stress environments*. CRC Press. Boca Raton, Fla.
- BÖHM, M. et al. (1983): Zum Futterwert von Maissilage mit unterschiedlicher Reife bei der Silierung. *Bayr. Landw. Jb.* 60, 893–902.
- BOUDRA, H. und D. P. MORGAVI (2005): Mycotoxin risk evaluation in feeds contaminated by *Aspergillus fumigatus*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120 (1–2), 113–123.
- BRANDT, M. und T. VEASILP (1986): Der Einfluß des Reifegrades von Silomais auf Ort und Ausmaß der Verdauung von Maisstärke bei Milchkühen. *Arch. Tierern.* 37, 466–468.
- BRANDT, M., A. SCHULDT und T. YEARASILP (1986): Körnergetreide und Lieschkolbenschrottsilage in der Milchkuhfütterung. *Schriftenreihe der Agrarwiss. Fak. Uni Kiel* 45, 90.
- BREVES, G. et al. (2000): Physiologie des Magen-Darm-Kanals. In: V. ENGELHARDT, W. und G. BREVES (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere*. Enke-Verl. Stuttgart, 350.
- BROOK, T. D. et al. (2005): Quantitative Trait Loci Contributing Resistance to Aflatoxin Accumulation in the Maize Inbred Mp313E. *Crop Sci.* 45, 171–174.
- BROWNE, E. M. et al. (2004): Intake, live-weight gain and carcass characteristics of beef cattle given diets based on forage maize silage harvested at different stages of maturity. *Anim. Sci.* 79, 405–413.
- BUNTING, E. S. (1975): The question of grain content and forage quality in maize: comparisons between isogenic fertile and sterile plants. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 85, 455–463.
- CAMMEL, S. B. et al. (2000): The effect of crop maturity value of maize silage for lactating dairy cows. 1. Energy and nitrogen utilization. *Anim. Sci.* 71, 381–390.
- CAMPBELL, C. M. (1964): Influence of seed formation of corn of accumulation of vegetative of dry matter of stalk strength. *Crop Sci.* 5, 31–34.
- CASPER, D. P. et al. (1999): Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rates in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 1779–1790.
- CHAI, W. Z., A. H. VAN GELDER und J. W. CONE (2004): Relationship between gas production and starch degradation in feed samples. *Anim. Feed Sci. Technol.* 114 (1–4), 195–204.
- CHEEKE, P. R. (2005): *Applied animal nutrition*. 3rd ed. Upper saddle river, N. J.: Pearson Prentice Hall.
- CHELKOWSKI, J. (1998): Distribution of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains. In: K. K. SINHA and D. BHATNAGAR (Eds.): *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety*. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, Hong Kong, 45–64.
- COLOVOS, N. F. et al. (1970): Digestibility, nutritive value and intake of ensilaged corn plant in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 30, 819–824.
- CONE, J. W. und M. VLOT (1990): Comparison of degradability of starch in concentrates by enzymes and rumen fluid. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 63, 142–148.
- COORS, J. G. und J. G. LAUER (2001): Silage corn. In: A. R. HALLAUER (Ed.): *Specialty Corns*. CRC Press Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 347–392.
- COPPOCK, C. E. (1969): Problems associated with all corn silage feeding. *J. Dairy Sci.* 52, 848–858.
- CORREA, C. E. S. et al. (2002): Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *J. Dairy Sci.* 85, 3008–3012.
- CRONJE, P. (2000): *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. CABI Publishing, 139–140.
- CROOKSTONE, R. K. und J. E. KURLE (1988): Using the kernel milkline to determine when the harvest corn for silage. *J. Prod. Agric.* 1, 293–295.
- DÄNICKE, S. und K. ROHR (1976): Zum Einsatz von Maissilage mit und ohne Rauhfutterergänzung in der Milchviehfütterung. *Züchtungskde.* 48, 362–370.
- DÄNICKE, S. und E. OLDENBURG (2000): Risikofaktoren für die *Fusarium*toxinbildung in Futtermitteln und Vermeidungsstrategien bei der Futtermittelerzeugung und Fütterung. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 216.
- DACCORD, R., Y. ARRIGO und R. VOGEL (1995): Nährwert von Maissilage. *Agrarforschung* 9, 397–400.
- DAYNARD, T. B. und R. B. HUNTER (1975): Relationships among whole-plant moisture, grain moisture, dry matter yield, quality of whole-plant corn silage. *Can. J. Plant. Sci.* 55, 77–84.
- DE BOEVER, J. L. et al. (1997): Prediction of the feeding value of maize silages by chemicals parameter, in vitro digestibility and NIRS. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 10, 301–313.

- DEGENHARDT, H. (1996): NIRS-Untersuchungen zur Erfassung futterwertrelevanter Qualitätsparameter von Silomaissorten in einem Gerätenetzwerk. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 163*.
- DEDERER, M. (1988): Ermittlung von Verfahrenskennwerten und vergleichende Beurteilung von Konservierungsverfahren für Corn-Cob-Mix. Diss. Uni Hohenheim.
- DERST, S. (1989): Der Einfluß von wasserfreiem Ammoniak auf den Silierverlauf und die aerobe Stabilität von CCM- und Maissilage und der Einsatz ammonisierter CCM-Silage in der Schweinemast. Dissertation Universität Hohenheim.
- DI MARCO et al. (2002): Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Anim. Feed Sci. Technol.* 99 (1–4), 37–43.
- DUVICK, D. N. (2005): The contribution of breeding to yield advances in maize. In: D.L. SPARKS (Ed.): *Advances in Agronomy*, Vol. 86, Elsevier Academic Press, 83–145.
- DROCHNER, W. (1989): Vorkommen von Fusarientoxinen in Futtermitteln. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 96, 350–352.
- DUNCAN, G. H., A. L. LANG und J. W. PENDLETON (1958): Corn plant population in relation to soil productivity. *Adv. Agron.* X, 436–474.
- DWYER, L. M. et al. (1995): Carbohydrate level in field-grown leafy and normal maize genotypes. *Crop Sci.* 35, 1020–1027.
- EDER, J. (1999): Mais: Neue Reifezahlen verbessern die Sortenwahl. *Top Agrar* 1, 90–91.
- ERIKSEN, G. S. und H. PETTERSSON (2004): Toxicological evaluation of trichothecenes in animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 114 (1–3), 205–239.
- FAHEY, G. C. (1994): Forage quality, evaluation, and utilization. Madison USA, 904.
- FANDOHAN, P. et al. (2005): Natural occurrence of Fusarium and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa. *Int. J. Food Microbiol.* 99, 173–183.
- FERNANDEZ, I. et al. (2004): Site and extent of starch digestion of whole-plant maize silages differing in maturity stage and chop length, in dairy cows. *Livestock Prod. Sci.* 89 (2–3), 147–157.
- FETT, R. (1988): Maisstärke – ein guter Energieträger für Hochleistungskühe. *Kraftfutter* 12, 426–427.
- FILYA, I. (2004): Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116 (1–2), 141–150.
- FLACHOWSKY, G. et al. (1985): Vergleichende Untersuchungen zur Verdaulichkeit trockensubstanzreicher Maissilage bei Rind und Schaf. *Arch. Tierern.* 35, 686–687.
- FLACHOWSKY, G. (1999): Glukose – ein Schlüssel für hohe Leistungen. In: *Fütterung der 10000-Liter Kuh. Arbeiten der DLG*, Band 196, DLG-Verlag, FFM, 43–56.
- FLACHOWSKY, G. (2000): Glucosebedarf und Glucosequellen der Hochleistungskuh. *Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft 217*, 3–13.
- FLACHOWSKY, G. et al. (2003): „Biotechnikum“ Pansen – Potenziale und Grenzen. *Züchtungskde.* 75, 46–65.
- FONSECA, A. J. M. et al. (2000): Evaluation of chemical composition and the particle size of maize silages produced in north-west of Portugal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89 (3–4), 173–183.
- FRANCE, J. et al. (1993): A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant. *J. Theor. Biol.* 163 (1), 99–111.
- FREELING, M. und V. WALBOT (1994): *The maize handbook*. Springer Verl., New York, 624.
- FRISVAD und FILTENBORG (1983): Classification of tetracycline penicillia based on profiles of mycotoxins and other secondary metabolites. *Appl. Environ. Microbiol.* 46, 1301–1310.
- GANOUE, K. H. und G. W. ROTH (1992): Kernel milkline as a harvest indicator for corn silage in Pennsylvania. *J. Prod. Agric.* 5, 519–523.
- GEISLER, G. (1983): *Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas*. Verl. P. Parey, Berlin und Hamburg, 80.
- GIESECKE, D. und J. TIEWS (1966): Über die Bedeutung der mikrobiologischen Vormagentätigkeit für den Gesamtstoffwechsel des Wiederkäuers. *Veterinärmed. Nachr.* 3, 161–175.
- GIESECKE, D. (1973): *Biologie und Biochemie der Bakterien im Pansen*. In: D. GIESECKE und H. K. HENDERICKX (Eds.): *Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung*. BLV Verlagsgesellschaft, München, Bern, Wien, 51.
- GIVENS, D. I. und E. R. DEAVILLE (2001): Comparison of major carbohydrate fractions and cell wall digestibility in silages made from older and newer maize genotypes grown in the UK. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89 (1–2), 69–82.
- GROß, F. (1970): Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Futterwert von Maisgärfutter. *Z. Das wirtschaftseigene Futter* 16, 306–336.
- GROß, F. (1979): Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. 1. Mitt. Bewertung von Silomais. *Das wirtschaftseigene Futter* 25 (2), 215–225.

- GROß, F. (1982): Einfluss des Wachstumsstandes und des Kolbenanteils auf den Futterwert von Silomais. *Mais* 1, 27–30.
- GRUBER, L. et al. (1983): Der Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. *Z. Das wirtschaftseigene Futter* 29, 87–109.
- GUO, K. und I. ZOCCATO (2005): A dynamic model to predict the nitrogen excretion in growing-finishing cattle. *Ecological Modelling* (im Druck).
- GURRATH, P. A. (1991): Untersuchungen zur genetischen Verbesserung der Verdaulichkeit der Restpflanze bei Silomais. Dissertation Universität Hohenheim.
- HAARHOFF, S. F. (1990): Abhängigkeit der Ertrags-, Reife- und Qualitätsmerkmale vom Entwicklungsstadium und Pflanzentyp bei Silomais. Dissertation Universität Hohenheim.
- HALLAUER, A. R. (2004): Specialty Corns. In: C. W. SMITH et al. (Eds.): *Corn*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 918.
- HÄGGBLOM, P. (1990): Isolation of roquefortine C from feed grain. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 2924–2936.
- HARTMANN, A. et al. (2000): Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes von Silomaisorten mit langsamer versus schneller Restpflanzenabreife. *Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft* 217, 86–93.
- HARTMANN, A. und H. H. GEIGER (2001): Siloreife. *Mais* 29, 76–79.
- HEPTING, L. (1982): Sortenspezifische Ertragsentwicklung bei Silomais nach der Blüte. *Bayer. Landw. Jahrbuch* 59 (5), 545–553.
- HEPTING, L. (1992): Der Futterwert der Maissorten. *Mais* 20 (4), 16–19.
- HERTWIG, F. et al. (2001): Realisation of high yields and quality in silage maize production. *Arch. Agron. Soil Sci.* 46, 41–52.
- HINDLE, V. A. et al. (2005): Site and extent of starch degradation in the dairy cow – a comparison between in vivo, in situ and in vitro measurements. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 89 (3–6), 158–165.
- HRIC, I. et al. (2000): Einfluß des Reifestadiums auf die *in situ* Abbaubarkeit der Maiskörner verschiedener Sorten im Pansen von Milchkühen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 9, 106.
- HUNGATE, R. E. (1966): *The rumen and its microbes*. Academic Press. New York, London, 360.
- HUNT, C. W. et al. (1989): Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 2, 357–361.
- HUNTER, R. B. (1979): Verfahren zur Selektion und Beurteilung von Mais für Ganzmaissilage. *Übers. Tierern.* 7, 51–74.
- HUNTER, J. L. et al. (1991): Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of Carbon-14 assimilate. *Crop Sci.* 31, 1309–1313.
- HUNTINGTON, G. B. (1997): Starch utilization by Ruminant: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75, 852–867.
- IRLBECK, N. A. et al. (1993): Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41, 51–64.
- ISERMANN, K. (1991): Nitrogen and phosphorus balances in agriculture – A comparison of several Western European Countries. *International Conference on Nitrogen, Phosphorus and Organic Matter*. May 13.–15. Helsingør (Denmark), 1–20.
- IVAN, S. K. et al. (2005): Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88, 244–254.
- JENSEN, C. et al. (2005): Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118 (3–4), 279–294.
- JOCHMANN, K. (1999): Ernährungsphysiologische Untersuchungen zum Einfluss der Maisreife und des Einsatzes von Milchsäurebakterien bei der Herstellung von Maissilage auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt sowie auf die Leistungen bei Wiederkäuern. Dissertation Universität Jena.
- JOHNSON, D. R. und J. W. TANNER (1972): Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 12, 485–486.
- KALCHREUTER, S. (1994): Stärkefuttermittel machen nicht nur stark. *Der Tierzüchter* 8, 33–35.
- KALLELA, K. und L. VASENIUS (1982): The effects of rumen fluid on the content of zeralenone in animal fodder. *Nord. Vet.-Med.* 31, 336–339.
- KAUFMANN, W. und H. HAGEMEISTER (1978): Gibt es Verträglichkeitsgrenzen für Stärke und Zucker in der Milchviehfütterung? *Der Tierzüchter* 9, 384–387.
- KICK, H. und R. S. MINKAS (1972): Die Verfügbarkeit der durch langjährige Düngung im Boden angereicherten Phosphate. *Landw. Forschung* 25, 184–191.
- KIESSLING, K.-H. et al. (1984): Metabolism of aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, and three trichothecenes by intact rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 47, 1070–1073.

- KING, R. R. et al. (1984): Transformation of deoxynivalenol (vomitin) by rumen microorganisms. *J. Agric. Food Chem.* 32, 1181–1183.
- KIRCHGESSNER, M. und F. J. SCHWARZ (1984): Einflußfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. *Übers. Tierern.* 12, 187–214.
- KIRCHGESSNER, M. et al. (1993): Verminderung der Stickstoff- und Methanausscheidung von Rind und Schwein durch die Fütterung. *Übers. Tierern.* 21, 89–120.
- KNOWLTON, K. F. et al. (1998): Performance, ruminant fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *J. Dairy Sci.* 81, 1972–1984.
- KOLB, E. (1966): Aktuelle biochemische und ernährungsphysiologische Probleme bei Nutztieren mit hohen Leistungen. *Mh. Veterinärmed.* 21, 591–597.
- KRÜTZFELDT, B. A. E. (2004): Untersuchungen zur Vererbung von Qualitätseigenschaften bei Silomais (*Zea mays* L.). Dissertation Universität Hohenheim.
- KURTZ, H. et al. (2003): Ruminale Abbaubarkeit von Maisstärke. *Mais* 31, 72–74.
- LANG, A.L., J. W. PENDLETON und G. H. DUNCAN (1956): Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids. *Agron. J.* 48, 284–288.
- LEW, H. et al. (1997): Zum Vorkommen von Nivalenol in Getreide und Mais. In: E. MÄRTLBAUER und E. ISLEBER (Hrsg.), *Proceedings 19. Mykotoxin-Workshop*, München, 2.–4.6.1997, 6–9.
- LEDENT, J. F. (1990): Dry matter content in silage maize – Assessment of the role of growth and water-loss. *Agronomie* 10, 361–368.
- LÖFFLER, G. und P. E. PETRIDES (1997): *Biochemie und Pathobiochemie*. Springer Verl., 5. Aufl.
- LOOSE, K. (1999): Untersuchungen zum Einfluß verschiedener Körnermaishybriden auf die Stärke- und Proteinumsetzungen im Verdauungstrakt von Milchkühen. Dissertation Tierärztl. Hochschule Hannover.
- LOSAND, B. (2005): Getrocknet oder feucht? *Mais* 32 (3), 85–87.
- LOVETT, D. K. et al. (2004): Using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict the biological parameters of maize silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 115, 179–187.
- MAIER, A. (1998): Vergleichende Versuche zum umweltschonenden Anbau von Silomais und alternativen Pflanzenarten im Kraichgau zur Ganzpflanzensilage-Gewinnung für die Bullenmast. Dissertation Universität Hohenheim.
- MAINKA, C. (1990): Futterbewertung von Silomais mit der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS). *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 119, 1–97.
- MATTHE, A. (2001): Nährstoffumsetzungen im Verdauungstrakt des Rindes nach Einsatz unterschiedlicher Mengen an Mais- oder Weizenstärke. Dissertation Universität Gießen.
- MATZEL, W. (1974): Probleme der Ausnutzung des Dünger- und Bodenphosphors. – Übersichtsbeitrag. *Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenkunde* 18, 471–487.
- MAURICIO, R. M. et al. (2001): Comparison of bovine liquor and bovine faeces as inoculum for an in vitro gas production technique for evaluating. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89 (1–2), 33–48.
- MCCALLA, A. F. (1999): Prospects for foodsecurity in the 21st century: With special emphasis on Africa. *Agricultural Economics* 20, 95–103.
- MCDONALD, P. et al. (1991): *The biochemistry of silage*. 2nd Chalcombe Publications, 130.
- MENKE, K.-H. und U. EHRENSVÄRD (1974): Die Bestimmung der Stoffbilanz und die Berechnung der Stöchiometrie und Energiebilanz bei der Vergärung von Pansen-saft in vitro. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde* 34, 24–35.
- MILTNER, R. (1997a): Sortenwahl Mais: Die FAO-Zahl hat ausgedient. *Top agrar* 4, 68–73.
- MILTNER, R. (1997b): Empfehlungen zum optimalen TS-Gehalt. *Top agrar* 4, 11.
- MILTNER, R. und J. RATH (1998): Nutzungsspezifische Reifezahlen. *Mais* 26, 140–143.
- MISTELE, M. (1992): Ökonomik züchterischer Fortschritte in der pflanzlichen Produktion – dargestellt am Beispiel Silomais. Dissertation Universität Hohenheim.
- MOE, P. W. und H. F. TYRRELL (1979): Methane production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 62, 1583–1586.
- MOLL, R. H. und E. J. KAMPRATH (1977): Effect of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. *Agron. J.* 69, 81–84.
- MOLNAR, B. und Z. GYORI (1996): Effect of agrotechnical factors and of the hybrid on the quality of silage maize. 1. Dry matter and crude protein content. *Novenytermelés* 45, 365–376.
- MOLNAR, B. und Z. GYORI (1996): Effect of agrotechnical factors and of the hybrid on the quality of silage maize. 2. Fibre and digestible organic matter content. *Novenytermelés* 45, 463–475.
- MOREAU, L. et al. (2004): Use of trial clustering to study QTL x environment effects for grain yield and related

- traits in maize. TAG Theoret. Appl. Genetics 110, 92–105.
- MOSISA, W. et al. (2001): Yield stability of maize (*Zea mays* L.) genotypes across locations. Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. 11.–15. February, 139–142.
- NAGADI, S. et al. (2000): The influence of diet of the donor animal on the initial bacterial concentration of ruminal fluid and in vitro gas production degradability parameters. Anim. Feed Sci. Techn. 87 (3–4), 231–239.
- NEETESON, J. J. et al. (2002): A multi-scale system approach to nutrient management research in the Netherlands. Netherl. J. Agric. Sci. 50 (2), 141–151.
- NOCEK, J. E. und S. TAMMINGA (1991): Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 74, 3598–3629.
- NURYONO, N. et al. (2005): A limited survey of zeralenone in Indonesian maize-based food and feed by ELISA and high performance liquid chromatography. Food control 16, 65–71.
- OLDENBURG, E. (1997): Schimmelpilze, Gefahr für Futterqualität und Tiergesundheit. Mais 25, 134–136.
- OPPERMANN, R. A. et al. (1957): In vitro studies on methanogenic rumen bacteria. J. Dairy Sci. 40, 779–788.
- ØRSKOV, E. R. (1986): Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63, 1624–1633.
- ORTH, A und W. KAUFMANN (1961): Die Verdauung im Pansen und ihre Bedeutung für die Fütterung der Wiederkäuer. P. Parey Verl., Berlin.
- OWEN, F. G. (1967): Factors affecting nutritive value of corn silage. J. Dairy Sci. 50, 404–416
- PAPST, C. et al. (2005): Mycotoxins produced by *Fusarium* spp. in isogenic Bt vs. non-Bt Maize Hybrids under European Corn Borer Pressure. Agron. J. 97, 219–224.
- PEREIRA, M. N. et al. (2004): Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. Scientia agricola 61, 358–363.
- PHIPPS, R. H. (1980): A review of the carbohydrate content and digestibility value of forage maize grown in the cool climate conditions of the UK and their relevance to animal production. In: W. G. POLLMER and R. H. PHIPPS (Eds.): Improvement of quality traits of maize for grain and silage use. The Hague: Nijhoff, 291–317.
- PICKERT, J. (1999): Mit Mais weiter Geld verdienen. Bauernzeitung 40, 21.
- POMMER, G. und A. HAISCH (1986): Untersuchungen zur Assimilatbildung und -verteilung bei Mais während der Blüte. Kali-Briefe 18, 307–317.
- RATH, J. et al. (2002): Den Erntetermin von Silomais vorhersagen? Mais 30, 144–147.
- RAZZAZI-FAZELI, E. et al. (2003): Fusarientoxine und ihre Bedeutung in der Nutztierfütterung: eine Übersicht. Wiener Tierärztl. Mschr. 90, 202–210.
- ROBINSON, P. H. et al. (1986): Influence of declining level of feed intake varying the proportion of starch in the concentrate on rumen fermentation in dairy cows. Livestock Prod. Sci. 15, 173–189.
- ROEMER, TH. (1926): Silomais. Landw. Wochenschrift, Amtsblatt d. LWK f. d. Prov. Sachsen und Anhalt 28, 803–804.
- ROTH, L. S. et al. (1970): Genetic variations of quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. Crop Sci. 10, 365–367.
- RÖTTGERMANN, M. (1997): Beurteilung des Stengelgewebes von Silomais (*Zea mays* L.) hinsichtlich der Futterqualität mit Hilfe digitaler Bildverarbeitung und konventioneller Methoden. Dissertation Universität Bonn.
- ROTH, L. S. et al. (1970): Genetic variation of quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. Crop Sci. 10, 335–337.
- ROTH, G. W. und D. J. UNDERSANDER (1995): Corn silage production, management, and feeding. NRC Publ., 574, Amer. Soc. Agron., Inc.
- RUTGER, J. N. und L. V. CROWDER (1967): Effect of high plant density on silage and grain yields of six corn hybrids. Crop Sci. 7, 182–184.
- SATTELMACHER, B. et al. (1994): Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. Z. Pflanzenern. Bodenkde. 157, 215–224.
- SCHLAGHECK, A. A.-M. (2001): Untersuchungen zum Einfluss ausgewählter Faktoren auf die *in vitro*-Verdaulichkeit von Silomais und auf Parameter der Pansenphysiologie. Dissertation Universität Göttingen.
- SCHLUMBOHM, F. W. (1975): Untersuchungen zur Ertragsanalyse bei Mais in Abhängigkeit von Anbauort, Jahreseinfluss, Bestandesdichte, N-Gabe-Menge und N-Gabe-Zeit. Dissertation Universität Kiel.
- SCHMIDT, G. A. (1986): Analyse faktorieller Kreuzungen zwischen Flint- und Dent-Inzuchtlinien bezüglich Leistungs- und Qualitätsmerkmalen bei Silomais. Dissertation Universität Hohenheim.
- SCHNUG, E. und J. ROGASIK (2005): Roadmaps zu mehr N-Effizienz – Verringerung von Bilanzüberschüssen bei der N-Versorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Pressemitteilung der FAL Braunschweig, 01/2005 – 12.1.2005.

- SCHRODER, J. (2005): Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Techn.* 96, 253–261.
- SCHULDT, A. (1999): Einfluß der Getreideart, der technischen Behandlung von Getreide sowie der Rationszusammensetzung auf Ort und Ausmaß der Verdauung der Getreidestärke in Milchkühen. Dissertation Universität Kiel.
- SCHUPPENIES, R. (1989): Temperaturansprüche für die Ausreife von Silomais. *Feldw.* 30, 66–67.
- SCHUPPENIES, R. und F. HERTWIG (1999): Gute Ausreife. *Bauernzeitung* 40, 18–20.
- SCHUPPENIES, R. und F. HERTWIG (2003): Wenn der Kolben reift. *Bauernzeitung* 44, 26–27.
- SCHURIG, M. (1997): Körnernachzerkleinerung im Feldhäcksler. *Mais* 25 (4), 131–133.
- SCHUSSLER, J. A. und M. E. WESTGATE (1991): Maize kernel set at low water potential: 1. Sensitivity to reduce assimilates during early kernel growth. *Crop Sci.* 31, 1189–1195.
- SCHUSTER, W. (1961): Mehrfaktorielle Versuche zur Anbautechnik beim Silomais. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 113, 243–262.
- SCHWAB, E. C. et al. (2003): Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109 (1–4), 1–18.
- SCHWARZ, F. J. et al. (1997): Verdaulichkeit und Energiegehalt von unterschiedlich zerkleinerter Maissilage bei Rindern und Schafen. *Agribiol. Res.* 50, 225–235.
- SCHWARZ, F. J. und TH. ETTLE (2000): Erntezeitpunkt, Sorte und deren Einfluß auf Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und in situ-Abbaubarkeit der Stärke von Silomais. *Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft* 217, 102–115.
- SEYMOUR, W. M. et al. (2005): Relationships between rumen volatile fatty acid concentrations and milk production in dairy cows: a literature study. *Anim. Feed Sci. Techn.* 119 (1–2), 155–169.
- SHERIDAN, W. F. (1982): Maize for biological research. *Plant Molecular Biology Association Charlottesville, VA.* 25.
- SIRI, B. (1993): Influence of drought stress on seedling growth and leaf anatomy as related to yield components and grain yield of tropical maize cultivars. Dissertation Universität Kiel.
- SONNEVELD, M. P. W. und J. BOUMA (2003): Effects of combinations of land use history and nitrogen application on nitrate concentration in the groundwater. *Netherl. J. Agric. Sci.* 51, 135–146.
- STIEGER, W. (1981): Wachstumsverlauf und Reifeentwicklung bei Mais. *Mais* 3, 30.
- SUTTON, J. D. (1985): Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. *J. Dairy Sci.* 68, 3376–3393.
- SÜDEKUM, K.-H. (1989): Untersuchungen an Milchkühen zum Ausmaß und Ort der Verdauung von Zellwandkohlenhydraten. Dissertation Universität Kiel.
- SVIHUS, B. et al. (2005): Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122 (3–4), 303–320.
- SZENDEL, G. (1986): Die Kornfüllung bei frühreifen Maishybriden, dargestellt am Beispiel der Hybride „BEMA 210“. *Feldw.* 27, 83–85.
- TAPIA, M. O. et al. (2002): Effect of patulin on rumen microbial fermentation in continuous culture fermenters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97 (3–4), 239–246.
- TAPIA, M. O. et al. (2005): Patulin-producing moulds in corn silage and high moisture corn and effects of patulin on fermentation by ruminal microbes in continuous culture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119 (3–4), 247–258.
- TAYLOR, C. C. und M. S. ALLEN (2005): Corn grain endosperm type and Brown Midrib 3 corn silage: Site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88, 1413–1424.
- THEODOROU, M. K. und J. FRANCE (2000): Feeding systems and feed evaluation models. *CABI Publishing Wallingford*, 307–308.
- TOLLENAAR, M. et al. (2004): Physiological basis of heterosis for grain yield in maize. *Crop Sci.* 44, 2086–2094.
- TOLERA, A. et al. (1998): The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 75 (2), 157–168.
- TOLERA, A. und F. SUNDSTØL (2000): Supplementation of graded levels of *Desmodium intortum* hay to sheep feeding on maize stover harvested at three stages of maturity. 1. Feed intake, digestibility and body weight change. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85 (3–4), 239–257.
- THOMSON, D. L. (1968): Silage yield of exotic corn. *Agron. J.* 60, 579–581.
- ULBRICH, M. et al. (2004): Fütterung und Tiergesundheit. *Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart*, 270.
- VANDEHAAR, M. J. (1998): Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 81, 272–282.
- VAN EGMONT, H. P. (1989): *Mycotoxins in dairy products.* Elsevier applied science. London and New York.

- VAN GROENIGEN, J. W. et al. (2004): Nitrous oxide emissions from silage maize fields under different mineral nitrogen fertilizer and slurry applications. *Plant and Soil* 263, 101–111.
- VAN SOEST, P. J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant. 2nd edn. Cornell University Press, Ithaca, New York, 272–274.
- VEARASILB, T. (1986): Site and extent of maize starch digestion in relation to stage of maize maturity in lactating cows. Dissertation Universität Kiel.
- VERBIC, J. et al. (1995): Rumen degradation characteristics and fiber composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 133–148.
- VIG, J. C. und P. LIMBERG (1986): Die Wirkung der Photoperiode auf die Ausbildung des Maiskolbens. *Landw. Forschung* 39, 179–188.
- VOLKERS, K. C. et al. (2003): Prediction of the quality of forage maize by near-infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109 (1–4), 183–194.
- WALDO, D. R. (1973): Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* 37, 1062–1074.
- WALKER, S. (1992): Expansive growth, water stress, and osmotic adjustment of crops. *South African J. Sci.* 88, 366–370.
- WATZKE, G. (1984): Verfahren der Produktion von kolbenreichem Silomais einschließlich Silierung. Dissertation B IFP Paulinenaue der AdL.
- WEISS, W. P. und D. J. WYATT (2002): Effects of feeding diets based on silage from corn hybrids that differed in concentration and in vitro digestibility of neutral detergent fiber to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3462–3469.
- WEISSBACH, F. (1993): Grünfütter und Grünfütterkonservate. In: H. JEROCH et al. (Hrsg.): Futtermittelkunde. G. Fischer-Verlag, Jena, 110.
- WEISSBACH, F. und H. AUERBACH (1999): Wann ist der Mais siloreif? *Mais* 10, 72–77.
- WEISSBACH, F. (2003): Wird Silomais richtig bewertet? *Mais* 14, 94–98.
- WESTGATE, M. E. et al. (2004): Physiology of the corn plant. In: C. W. SMITH et al. (Eds.): *Corn*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 282.
- WIESLER, F. (1998): Agronomische und physiologische Aspekte der Ertragsbildung von Mais (*Zea mays* L.), Weizen (*Triticum aestivum* L.) und Lein (*Linum usitatissimum* L.) bei einem in Zeit und Form variierten Stickstoffangebot. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart.
- WILHELM, H. und K. WURM (1999): Futtermittelkonservierung und -qualität. L. Stocker-Verl., Graz, 45.
- WILKINSON, J. M. et al. (1978): Effect of stage of harvest and fineness of chopping on the voluntary intake and digestibility of maize silage by young beef cattle. *Anim. Prod.* 26, 143–150.
- WILKINSON, J. M. und J. HILL (2003): Effect on yield and dry matter distribution of the stay-green characteristic in cultivars of forage maize grown in England. *Grass & Forage science* 58, 258–264.
- WIERSMA, D. W. et al. (1993): Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod. Agric.* 6, 94–99.
- WOLFE, S. R. (1993): An historical overview of methanogenesis. In: J. G. FERRY (Ed.): *Methanogenesis*. Chapman & Hall, New York und London, 77.
- YANG, W. Z. und K. A. BEAUCHEMIN (2005): Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88, 1090–1098.
- ZEOULA, L. M et al. (2003): Evaluation of five corn hybrids (*Zea mays* L.) at different maturity stages. 3. Chemical-bromatology composition. *Brazilian J. Anim. Sci.* 32, 556–566.
- ZEOULA, L. M et al. (2003): Evaluation of five corn hybrids (*Zea mays* L.) at different maturity stages. 4. Dry matter digestibility, organic matter and neutral detergent fibre (FDN) of the vegetative portion and whole plant. *Brazilian J. Anim. Sci.* 32, 567–575.
- ZIMMER, E. (1983): Gewachsene Nährstoffe – verwertete Nährstoffe. *Mais-Kolloquium Einbeck*, 11–25.
- ZSCHEISCHLER, J. et al. (1984): *Handbuch Mais*. Verlagsunion Agrar Ffm., 3. Aufl., S. 57.

Anschrift des Verfassers

Dr. Reinhard Amler, Limagrain-Nickerson GmbH, Lauchstädter Straße 56, D-06179 Angersdorf
E-Mail: reinhard.amler@limagrain-nickerson.de

Eingelangt am 15. Februar 2005
Angenommen am 5. September 2005

